

THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES DE GESTION

Impacts économiques de la hausse du coût de l'électricité pour les ménages et pour les entreprises

le photovoltaïque est-il toujours rentable ?

Carpreau, Gauthier

Award date:
2019

Awarding institution:
Université de Namur

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



Impacts économiques de la hausse du coût de l'électricité pour les ménages et
pour les entreprises

Le photovoltaïque est-il toujours rentable?

Gauthier CARPREAU

Directeur : Prof. D. HELBOIS

Mémoire présenté
en vue de l'obtention du titre de
Master 60 en Sciences de gestion,
à finalité spécialisée

ANNEE ACADEMIQUE 2018-2019

REMERCIEMENT

En premier lieu, je remercie Monsieur Dominique Helbois, professeur de comptabilité à l'Université de Namur et promoteur de ce mémoire, pour avoir accepté de superviser ce travail, ainsi que pour l'aide et les conseils qu'il m'a prodigué pour pouvoir aller de l'avant.

En second lieu, j'aimerais également adresser mes remerciements au corps professoral et administratif de l'Université de Namur pour la richesse et la qualité de leur enseignement.

À côté de cela, je voudrais exprimer ma gratitude envers mes amis et colocataires, qui m'ont apporté leur soutien moral et intellectuel, et ce durant la rédaction de ce mémoire. Un grand merci à Clémence Genot en particulier, pour m'avoir soutenu et supporté durant ces mois de rédaction.

Je remercie également ma maman Fabienne Asselberghs qui a toujours cru en moi, et qui m'a poussé constamment à me dépasser.

Merci à vous tous.

ABSTRACT

Les centrales nucléaires sont destinées à fermer, et le prix de l'électricité va très certainement augmenter. Face à ce constat, et afin de compenser cette perte d'énergie bon marché, il est important de trouver des solutions alternatives. Ces solutions sont notamment les énergies renouvelables, comme le photovoltaïque ou l'énergie hydraulique.

L'objectif de cette étude est donc d'évaluer la possibilité pour un ménage d'investir dans les énergies renouvelables et d'augmenter ainsi son indépendance énergétique.

La problématique est par conséquent la suivante : *face à l'augmentation du prix de l'électricité, et dans un souci d'augmenter son indépendance énergétique au moyen d'une installation de production d'électricité verte, est-il rentable financièrement pour un particulier d'investir dans les énergies renouvelables ?*

Pour répondre à cette problématique, une analyse de type bilantaire a été réalisée, qui a permis de mettre en évidence la forte rentabilité d'une installation de production d'électricité verte.

Table des matières

TABLE DES ILLUSTRATIONS.....	5
TABLE DES ABRÉVIATIONS.....	6
GLOSSAIRE	6
1. INTRODUCTION	7
2. REVUE DE LITTÉRATURE	9
2.1. LA SORTIE DU NUCLÉAIRE ENTRAÎNE UNE AUGMENTATION DU COÛT DE L'ÉLECTRICITÉ.....	9
2.2. DIMINUTION DE LA DEMANDE ÉLECTRIQUE	9
3. ÉTAT ACTUEL DU PAYSAGE ÉNERGÉTIQUE.....	10
3.1. ÉVOLUTION DU COÛT DE L'ÉNERGIE EN BELGIQUE	10
4. ORIGINES DE NOS ÉNERGIES.....	12
4.1.1. <i>Importation</i>	13
4.1.2. <i>Production</i>	13
5. DE QUOI SE COMPOSE LE PRIX DE L'ÉLECTRICITÉ ?	20
5.1. AVANT LA LIBÉRALISATION DU MARCHÉ DE L'ÉLECTRICITÉ.....	20
5.1.1. <i>Tarifs</i>	21
5.1.2. <i>Taxes</i>	21
5.2. APRÈS LA LIBÉRALISATION DU MARCHÉ DE L'ÉLECTRICITÉ.....	21
5.2.1. <i>Energie brute</i>	21
5.2.2. <i>Transport</i>	22
5.2.3. <i>Distribution</i>	22
5.2.4. <i>Taxes et prélèvement fédéraux</i>	23
5.2.5. <i>Exemple chiffré</i>	23
6. COÛT DE PRODUCTION DE L'ÉLECTRICITÉ EN FONCTION DE LA TECHNOLOGIE UTILISÉE.....	24
7. COMPÉTITIVITÉ DU PRIX DE L'ÉLECTRICITÉ POUR LES MÉNAGES	25
7.1. POUR LES PARTICULIERS	25
7.1.1. <i>Comparaison avec nos voisins européens</i>	28
7.2. POUR LES ENTREPRISES	29
7.2.1. <i>Belges</i>	29
7.2.2. <i>Frontalières</i>	30
7.2.3. <i>Electro intensive</i>	31
8. ANALYSE MACROÉCONOMIQUE DE LA HAUSSE DU COÛT DE L'ÉLECTRICITÉ EN BELGIQUE	34

9. ÉTUDE DE CAS : INVESTISSEMENT EN ENERGIE RENOUVELABLE PAR DES PARTICULIERS.....	35
9.1. LES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES	35
9.1.1. <i>Mise en situation</i>	35
9.1.2. <i>Région Bruxelloise</i>	45
9.1.3. <i>Région wallonne</i>	49
9.1.4. <i>Région flamande</i>	53
9.1.5. <i>Synthèse et conclusion de l'étude de rentabilité des panneaux photovoltaïques</i>	57
9.2. UNE POMPE A CHALEUR.....	58
9.2.1. <i>Acquisition de la pompe à chaleur</i>	58
9.2.2. <i>Économie de chauffage</i>	58
9.2.3. <i>Primes</i>	58
9.2.4. <i>Résultats</i>	59
9.2.5. <i>Tableau synthétique des résultats</i>	60
10. CONCLUSION	61
11. BIBLIOGRAPHIE	62
12. ANNEXES	66
12.1. ANNEXE 1 : CALCUL DE LA RENTABILITE DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES A BRUXELLES (AUTOCONSOMMATION DE 37,76%)	67
12.2. ANNEXE 2 : CALCUL DE LA RENTABILITE DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES EN WALLONIE (AUTOCONSOMMATION DE 37,76%)	68
12.3. ANNEXE 3 : CALCUL DE LA RENTABILITE DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES EN FLANDRE (AUTOCONSOMMATION DE 37,76%)	69
12.4. ANNEXE 4 : CALCUL DE LA RENTABILITE D'UNE POMPE A CHALEUR DANS LES DIFFERENTES REGIONS	70

Table des illustrations

FIGURE 1 - ÉVOLUTION DU PRIX DE L'ÉLECTRICITÉ POUR LE CONSOMMATEUR FINAL EN BELGIQUE POUR LA PÉRIODE 2007-2018	10
FIGURE 2: ORIGINES ET DESTINATION DE L'ÉNERGIE EN BELGIQUE.....	12
FIGURE 4: PERFORMANCE DES CENTRALES NUCLÉAIRES BELGE.....	14
FIGURE 5: PART DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE DANS LE MIX ÉNERGÉTIQUE BELGE	15
FIGURE 7: ÉVOLUTION DES PRODUCTIONS POUR L'ÉOLIEN BELGE ENTRE 2000 ET 2018.....	16
FIGURE 8: TAUX DE CHARGES PAR TYPE DE PARC ÉOLIEN, ENTRE 2012 ET 2018.....	17
FIGURE 9: PRODUCTION, CONSOMMATION ET FLUX DE PELLETS DE BOIS DANS LE MONDE EN 2016.....	18
FIGURE 10: RÉPARTITION DE LA FACTURE ÉNERGÉTIQUE ENTRE LES DIFFÉRENTS ACTEURS DU MARCHÉ (EXEMPLE CHIFFRÉ).....	23
FIGURE 11: ÉVOLUTION DU PRIX DE L'ÉLECTRICITÉ POUR LES MÉNAGES BELGES ENTRE 1985 ET 2018	25
FIGURE 12: ÉVOLUTION DE L'ORGANISATION DU MARCHÉ DE L'ÉLECTRICITÉ, AVANT ET APRÈS LA LIBÉRALISATION DU MARCHÉ.....	26
FIGURE 13: ÉVOLUTION DES 6 PRINCIPALES COMPOSANTES DU PRIX AU CONSOMMATEUR FINAL - GASELWEST (GRD) - ENGIE-ELECTRABEL (PRODUCTEUR) ENTRE 2007 ET 2017	27
FIGURE 14: PRIX DE L'ÉLECTRICITÉ POUR LES MÉNAGES BELGES, FRANÇAIS, ALLEMANDS, HOLLANDAIS, ET EUROPÉENS EN MOYENNE, POUR LA PÉRIODE 2010-2018	28
FIGURE 15: PRIX DE L'ÉLECTRICITÉ (EUR/kWh) SUIVANT LE PROFIL DE CONSOMMATION DE L'ENTREPRISE ENTRE 2007 ET 2018 EN BELGIQUE	29
FIGURE 16: PRIX DE L'ÉLECTRICITÉ (EUR/kWh) EN 2018 DANS LES PAYS FRONTALIERS BELGES EN FONCTION DU PROFIL D'UTILISATEURS	30
FIGURE 17 : CRITÈRES DONNANT DROIT AU TARIF "ÉLECTRO-INTENSIF" EN ALLEMAGNE, EN FRANCE ET AUX PAYS-BAS.....	31
FIGURE 18: FACTURE D'ÉLECTRICITÉ POUR UN CONSOMMATEUR AYANT UNE CHARGE DE BASE DE 1000 GWh, EN BELGIQUE, EN ALLEMAGNE, AUX PAYS-BAS AINSI QU'EN FRANCE.....	32
FIGURE 19: MÉCANISME DES CERTIFICATS VERTS À BRUXELLES.....	40
FIGURE 20 : ÉVOLUTION DU NOMBRE DE CV VENDUS À BRUXELLES ET LEURS PRIX MOYENS, ENTRE 2015 ET 2018.....	41
FIGURE 21 : PRIX DE L'ÉLECTRICITÉ À NAMUR POUR UN MÉNAGE CONSOMMANT 4500 kWh/AN	42
FIGURE 22 : PRIX DE L'ÉLECTRICITÉ À BRUXELLES POUR UN MÉNAGE CONSOMMANT 4500 kWh/AN	43
FIGURE 23 : PRIX DE L'ÉLECTRICITÉ À ANVERS POUR UN MÉNAGE CONSOMMANT 4500 kWh/AN	43
FIGURE 24 : PROPORTION D'ÉLECTRICITÉ AUTOCONSOMMÉE PAR LES DÉTENTEURS DE PANNEAUX SOLAIRES EN 2018	44
FIGURE 29: PRIX INDICATIF POUR L'INSTALLATION D'UNE POMPE À CHALEUR, EN FONCTION DU TYPE DE CELLE-CI	58
FIGURE 31: GRAPHIQUE SYNTHÉTIQUE DES COÛTS CUMULÉS DU PRIX DE CHAUFFAGE AVEC ET SANS POMPE À CHALEUR EN WALLONIE	59
FIGURE 36 : TABLEAU SYNTHÉTIQUE DE L'ÉCONOMIE RÉALISABLE PAR L'ACQUISITION D'UNE POMPE À CHALEUR, DANS LES DIFFÉRENTES RÉGIONS.....	60
TABLEAU 1: DÉTAIL DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES BELGES EN SERVICE.....	14
TABLEAU 2: TARIFS POUR L'ÉLECTRICITÉ EN JUIN 1999.....	21
TABLEAU 3: COUT ACTUALISÉ DE L'ÉLECTRICITÉ EN BELGIQUE EN FONCTION DE LA TECHNOLOGIE UTILISÉE (LCOE : LEVELIZED COST OF ENERGY).....	24
TABLEAU 4: BARÈME PAR KILOWATT DU TARIF PROSUMER EN FLANDRE.....	37
TABLEAU 5 : BARÈME PAR KILOWATT DU TARIF PROSUMER EN WALLONIE.....	39

Table des abréviations

GRD	Gestionnaire du réseau de distribution
ETP/TEP	Tonne d'équivalent pétrole
W	Watt
Wh	Wattheure
Wc	Watt-crête
CV	Certificat vert
PAC	Pompe à chaleur

Glossaire

Cogénération	Le principe de base de la cogénération est de produire deux formes d'énergie différentes simultanément. Le processus doit avoir lieu au sein de la même installation et dans la plupart des cas, il est question de chaleur et d'électricité. ¹
Tonne d'équivalent pétrole	Unité servant, dans les bilans énergétiques, à comparer les sources d'énergie au pétrole brut, pris comme référence. Selon les estimations, une tonne de pétrole équivaut à environ 1,3 à 1,4 t de charbon, 4 à 5 t de lignite, 1 000 m ³ de gaz naturel et 11 250 kWh. Pour tenir compte du rendement des centrales thermiques, on écrit généralement 1 tep = 1,5 tec = 4 500 kWh.) ²
Watt	Le watt (W) est une unité de mesure de la puissance énergétique. Le watt réfère donc à la puissance de votre appareil.
Watt-crête	Le Wc représentent la puissance électrique maximale pouvant être fournie par 1 panneau photovoltaïque dans des conditions de température et d'ensoleillement standard.
Wattheure	Le kilowattheure (kWh) est une unité de mesure d'énergie. Le kilowattheure réfère donc à la consommation de votre appareil.
Commodity	Dans le cadre de la fourniture électrique, la <i>commodity</i> représente l'électricité brute.

¹ Lepage, « Que sont la cogénération et la micro-cogénération ? »

² Larousse, *Le Petit Larousse illustré [2019]*.

1. Introduction

Le prix de l'électricité est soumis à une forte volatilité en Belgique. Entre 2005 et 2018, le prix de l'électricité pour les particuliers a quasiment doublé, avec une hausse significative de 98 %. Et cette hausse n'est pas vouée à s'interrompre.

Dans les années à venir, le monde tout entier aura besoin de plus en plus d'électricité, tout en réduisant les émissions de gaz à effet de serre. Cette transition énergétique ne se fera pas sans investissement conséquent dans les énergies de nouvelles générations.

Aussi, et dans une volonté d'être moins dépendant de l'énergie nucléaire en raison des risques inhérents à cette technologie et sous l'impulsion du gouvernement de Charles Michel, les centrales nucléaires belges vivent leurs dernières années de fonctionnement, avec une date de mise à l'arrêt fixée en 2025.

Les producteurs d'électricité vont donc devoir trouver de nouvelles sources d'énergie. Une partie sera compensée par l'augmentation des importations en provenance des pays voisins, et l'autre partie sera compensée par l'utilisation de technologies alternatives, comme les centrales au gaz, mais également par des technologies productrices d'électricité verte, comme l'énergie éolienne ou l'énergie solaire.

Dans un premier temps et afin d'inciter les particuliers à devenir producteur d'électricité verte pour leurs propres consommations, les pouvoirs publics ont instauré des incitants financiers, tels que des primes pour la construction d'une installation augmentant l'indépendance énergétique des particuliers et des entreprises, ou l'octroi de certificats verts pour la production d'une certaine quantité d'électricité photovoltaïque.

Dans un second temps, satisfait de l'engouement créé par les différents mécanismes de soutiens à la production d'électricité verte et dans une volonté de faire payer les producteurs verts pour leurs utilisations réelles du réseau électrique, les pouvoirs publics des différentes régions ont mis en place un tarif dit « prosumer », s'appliquant aux détenteurs de panneaux photovoltaïques, prenant différentes formes en fonction de la région d'implantation.

De nos jours, l'électricité est devenue quelque chose de tout à fait commun pour la population, à l'instar de l'eau qui coule du robinet. Cette électricité est majoritairement utilisée pour les systèmes de chauffages, le reste étant utilisé pour la production d'eau chaude sanitaire, pour le fonctionnement des appareils électroménagers, pour la cuisson et finalement pour l'éclairage. Avec l'accroissement démographique, notre demande électrique est destinée à augmenter de façon constante.

Durant le XXème siècle, la population mondiale a quadruplé, et nos besoins énergétiques ont été multiplié par 20. Ces besoins énergétiques sont satisfaits à hauteur de 80 % par des énergies fossiles non renouvelables.

Cependant, à la suite de la prise de conscience de la part de la population des enjeux climatiques, et à la suite de la COP21, les efforts se concentrent davantage sur les énergies d'origine renouvelable censées prendre de plus en plus de place dans le mix énergétique. En 2018, la Commission européenne s'est fixé l'objectif ambitieux d'atteindre 32 % d'énergies renouvelables dans la consommation finale à l'horizon 2030.

Ce mémoire fait écho à l'intervention de monsieur De Wasseige de l'Union wallonne des Entreprises en novembre 2018, où ce dernier faisait état du prix fort élevé de l'énergie en Belgique et où il soulignait également que le gouvernement Michel était désireux de remplacer les centrales nucléaires par des centrales au charbon, ce qui n'arrangerait rien au constat de départ.

Face à l'augmentation du prix de l'électricité, et dans un souci d'augmenter son indépendance énergétique au moyen d'une installation de production d'électricité verte, est-il rentable financièrement pour un particulier d'investir dans les énergies renouvelables ?

Afin de répondre au questionnement émis, un plan de recherche a été mis en place. Il consiste premièrement en une analyse descriptive, détaillant le paysage énergétique belge. Cette partie répondra à la question de savoir d'où vient notre électricité, comment est-elle produite en Belgique, au moyen de quelles technologies, et à quel coût.

Deuxièmement, ce travail analysera la rentabilité d'une installation photovoltaïque dans les différentes régions, compte tenu des primes existantes, des mécanismes de soutien mis en place, et des redevances réseau qui ont été instaurées. Aussi, ce travail analysera la rentabilité d'une pompe à chaleur dans les différentes régions. Pour ce faire, cette analyse se basera sur une analyse de coût et sur une démarche de type bilantaire, où les coûts et les profits réalisables s'opposent.

2. Revue de littérature

2.1. La sortie du nucléaire entraîne une augmentation du coût de l'électricité

Les travaux réalisés par PWC³ concernant l'état du paysage énergétique belge à deux horizons temporels permettent d'affirmer que le prix de l'électricité connaîtra une hausse constante dans les décennies suivantes. En effet, si les centrales nucléaires ferment effectivement en 2025 comme l'a annoncé le gouvernement Michel, la Belgique devra renoncer à utiliser l'énergie la moins chère, et de ce fait, se rabattre sur des énergies présentant des coûts réels bien plus importants.

L'étude démontre également qu'en 2030 et avec une production nucléaire de 6 GW couplée aux énergies renouvelables, le coût de production sera de l'ordre de 95 €/MWh, contre 103 € dans le scénario 3 GW, et 111 € en cas de mix énergétique sans énergie nucléaire. La présence du nucléaire offrant un coût de production relativement bas permettrait de conserver un coût compétitif pour l'électricité, lorsque le mix énergétique sera entre autres composés d'énergie renouvelable bien plus onéreuse.

Le Bureau fédéral du Plan⁴ établi en outre et sans surprise, une corrélation négative entre le prix de l'électricité et le nombre de centrales nucléaires disponible. Lorsque trois réacteurs nucléaires délivrant une puissance de 2500 MW sont à l'arrêt, le prix de l'électricité sur le marché de gros augmente de 10 € par MWh.

En outre, des recherches⁵ menées en Allemagne quant à l'incidence pour un pays de sa volonté de sortir de manière progressive de l'énergie nucléaire ont été réalisées, et démontre qu'une sortie du nucléaire mène inéluctablement à l'augmentation du prix de l'électricité, mais aussi des émissions de CO₂. En effet, la perte de l'énergie nucléaire mènera à l'utilisation par les producteurs d'électricité d'autres sources d'énergie, comme les énergies fossiles (gaz, charbon, lignite) qui remplaceront l'énergie nucléaire dans le mix énergétique.

2.2. Diminution de la demande électrique

Une augmentation du prix de l'électricité aura un effet sur la demande électrique. Le bureau fédéral du plan chiffre cette diminution.⁶ La population belge pour sa part va continuer à augmenter. Actuellement, la Belgique compte 11,5 millions d'habitants. En 2030 nous serons 12 millions, et 12,7 millions en 2050. Cependant, notre consommation énergétique est vouée à diminuer de façon conséquente.

En 2015, un habitant consommait 4,8 TEP (Tonne d'équivalent Pétrole) d'énergie, toutes sources confondues. En 2030 ce chiffre retombera à 4,1 TEP, et à 3,9 TEP en 2050, soit une diminution de 19 % par rapport à l'année de référence. Cependant, la population consommera différemment. En 2015 les ménages consommaient 8 % d'énergies renouvelables, mais des quotas ont été imposés par la Commission européenne, et devront atteindre 20,1 % d'énergie d'origine renouvelable dans la consommation finale d'énergie.

³ PWC, « Le rôle du nucléaire et des renouvelables au sein de la transition énergétique ».

⁴ Bureau Fédéral du Plan, « Énergie, électricité et émissions : les calculs du Bureau fédéral du Plan ».

⁵ Welsch et Ochsen, « Dismantling of nuclear power in Germany: sectoral and macroeconomic effects ».

⁶ Bureau Fédéral du Plan, « Perspectives énergétiques à l'horizon 2050 (édition d'octobre 2017) - Annexe statistique ».

3. État actuel du paysage énergétique

3.1. Évolution du coût de l'énergie en Belgique

Le graphique ci-dessous nous présente l'évolution qu'a connue le marché de l'électricité en termes de prix durant la période allant de 2007 à 2017. L'année de départ n'est pas choisie au hasard, elle correspond en effet à la date d'entrée en vigueur de la libéralisation du marché de l'énergie pour les particuliers.

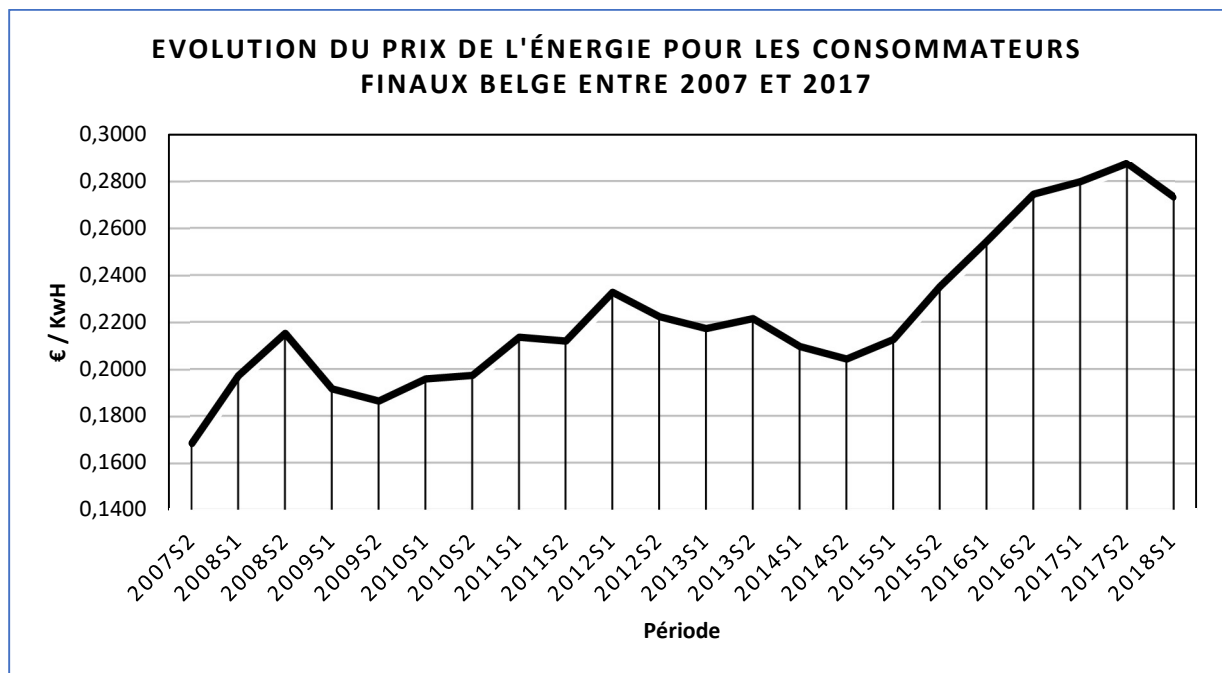


Figure 1 - Évolution du prix de l'électricité pour le consommateur final en Belgique pour la période 2007-2018⁷

On remarque que le prix par Kilowattheure (KWh) a connu une légère baisse à la suite de cette libéralisation, avant de connaître une augmentation quasi constante jusqu'à l'année 2013.

Cette augmentation est à imputer notamment à la contribution aux énergies renouvelables, que les Régions ont imposées aux fournisseurs d'électricité exerçant dans leurs Régions. En effet, les fournisseurs doivent acheter annuellement une certaine quantité de certificats verts auprès de producteurs d'électricité renouvelable.

Le nombre de certificats verts à fournir est fixé par l'arrêté du gouvernement wallon⁸ relatif à la promotion de l'électricité produite au moyen de sources d'énergie renouvelable ou de cogénération⁹.

⁷ Eurostat, the Statistical Office of the European Union, « Energy statistics - electricity prices for domestic and industrial consumers, price components ».

⁸ Moniteur Belge, Arrêté du Gouvernement Wallon relatif à la promotion de l'électricité produite au moyen de sources d'énergie renouvelables ou de cogénération.

⁹ La cogénération consiste en la production simultanée de chaleur et d'électricité et ce, par le biais d'un moteur alimenté avec un seul combustible. (Energuide.be)

À titre de comparaison, il fallait disposer de 10 certificats verts en 2010, contre 35,65 en 2018. Ainsi, si un fournisseur vendait 100 MWh, il devait fournir 35,65 certificats verts. En 2010, le prix d'un certificat vert était de 84,88 €, contre 65,94 € actuellement¹⁰.

Concrètement, un ménage consommant 10 MWh annuellement, devait contribuer à la transition énergétique à hauteur de 84,88 € en 2010, contre 235 € en 2018, soit une différence de 150 € dans ce cas-ci, ce qui représente un coût plus important pour les fournisseurs, qu'ils répercutent bien évidemment sur le client final.

En 2014, soucieux de contrebalancer l'augmentation du coût de l'électricité, le gouvernement baisse le taux de TVA de 21 % à 6 %¹¹, et ce pour les contrats d'énergie domestique, ce qui a permis de stabiliser le prix du KWh. Cependant, cette mesure est temporaire. En effet, à partir du mois de septembre 2015, le taux de TVA est repassé à 21 % ce qui se traduit sur le graphique.

À la même période, une série de pannes frappent les centrales nucléaires belges, ce qui a forcé Engie-Electrabel à mettre les centrales à l'arrêt, si bien que les prix de l'électricité se sont envolés. De plus, le parc nucléaire Français a connu au même moment un scénario similaire, où la moitié de ses centrales ont été mises à l'arrêt en raison de sérieux problèmes techniques, ou ont été mises en faible service. Concrètement, les prix du MWh ont presque doublé à la suite de la perte de la moitié de la capacité nucléaire Belge et accessoirement Française¹².

¹⁰ CWaPE, « Marché des CV - Statistiques prix ».

¹¹ Moniteur Belge, Arrêté royal modifiant les arrêtés royaux nos 4 et 20 relatifs à la taxe sur la valeur ajoutée.

¹² Le Vif, « La mise à l'arrêt de centrales nucléaires fait grimper le prix de l'électricité ».

4. Origines de nos énergies

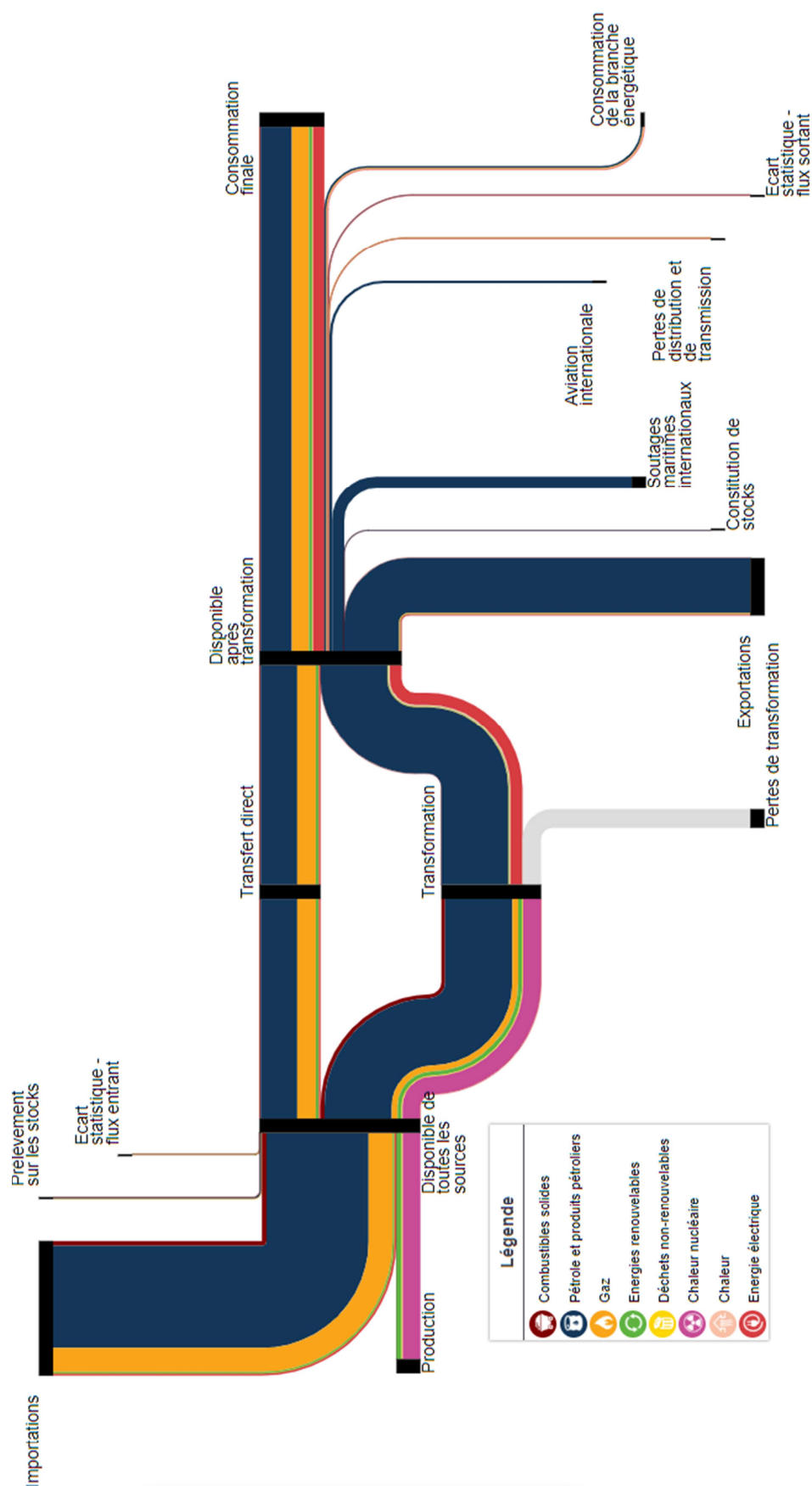


Figure 2: Origines et destination de l'énergie en Belgique¹³

Nous pouvons remarquer sur ce graphique que la majorité de nos énergies est issus des importations. Ces importations sont majoritairement composées de produits pétroliers, suivi par des produits gazeux.

Une partie de ces produits est utilisé pour la consommation, et une plus grande partie est transformé, principalement en vue d'être exportée, ou utilisé pour l'aviation et le transport maritime.

¹³ Eurostat, the Statistical Office of the European Union, « Diagramme de flux d'énergie pour la Belgique en 2016 ».

4.1.1. Importation

Sur le graphique nous remarquons que la Belgique importe une grande partie de son énergie. Ces importations se composent principalement de produits pétroliers et gazeux.

Pour ses importations de produits pétroliers, la Belgique va se fournir majoritairement en Russie (38 % en 2016), au Moyen-Orient (34 %), en Afrique (9 %), mais aussi en mer du nord dans des concessions appartenant au Royaume-Uni et à la Norvège (à concurrence de 14 % en 2016)¹⁴.

Pour ses importations de produits gazeux, la Belgique est approvisionnée par le biais de divers gazoducs souterrains et sous-marins, mais aussi sous forme liquide via le port de Zeebrugge.

Les pays nous fournissant ce gaz sont principalement les Pays-Bas, la Norvège, le Royaume-Uni, le Qatar, et l'Allemagne.

À côté de cela, nous importons également une faible quantité d'électricité traditionnelle et renouvelable, celle-ci venant de nos pays limitrophes (France, Allemagne, Suisse, etc.).¹⁵

4.1.2. Production

Mais la Belgique ne se limite pas aux importations, elle produit également une partie de son énergie. Cette énergie est principalement issue de la technologie nucléaire (73,9 %), mais aussi de centrale hydraulique (0,2 %), de technologie renouvelable à l'instar de la géothermie ou de l'énergie solaire (4,95 %), de bio fuel (19,23 %), et de pompe à chaleur (1,64 %).

4.1.2.1. Centrales nucléaires

Le nucléaire représente donc la partie la plus importante de la production électrique belge. Cette énergie nucléaire représentant $\frac{3}{4}$ de notre production d'électricité est produite au sein de 7 réacteurs nucléaires à eau pressurisée¹⁶.

Ces sept réacteurs nucléaires sont répartis en deux centrales, celle de Doel et celle de Tihange.

À Doel, on compte quatre réacteurs nucléaires générant une puissance totale de 2.900 MWe, tandis que Tihange en compte 3 et dispose d'une puissance totale de 3.000 MWe. Toutes ces centrales ont une date de fermeture légale, fixée à 2025 au plus tard¹⁷.

¹⁴ Fédération Pétrolière Belge (FPB), « Importation de pétrole brut par région d'origine en Belgique ».

¹⁵ Energiguide by Sibelga, « D'où viennent l'électricité et le gaz que l'on consomme en Belgique ? »

¹⁶ Réacteurs nucléaires à eau pressurisée : Centrale la plus répandue dans le monde, disposant de 3 circuits distincts, où la production de vapeur (et d'électricité) est réalisée grâce aux réactions de fissions (www.belv.be).

¹⁷ Moniteur Belge, Loi sur la sortie progressive de l'énergie nucléaire à des fins de production industrielle d'électricité.

	<i>Puissance (MWe)</i>	<i>Mise en service</i>	<i>Fermeture programmée</i>	<i>Année de fonctionnement prévue</i>	<i>Part de la puissance nucléaire nationale fournie</i>
<i>Doel 1</i>	433	15-02-75	15-02-25	50	7,3 %
<i>Doel 2</i>	433	01-12-75	01-12-25	50	7,3 %
<i>Doel 3</i>	1.006	01-10-82	01-10-22	40	17,0 %
<i>Doel 4</i>	1.033	01-07-85	01-07-25	40	17,5 %
<i>Tihange 1</i>	962	01-10-75	01-10-25	50	16,3 %
<i>Tihange 2</i>	1.008	01-06-83	01-02-23	40	17,0 %
<i>Tihange 3</i>	1.038	01-09-85	01-10-25	40	17,6 %
<i>Puissance totale</i>	5.913				

Tableau 1: Détail des réacteurs nucléaires belges en Service

Cependant, cette puissance totale n'est jamais atteinte, et ce en raison d'arrêt concernant la maintenance du réacteur, ou d'arrêt en raison d'un problème d'ordre technique.¹⁸

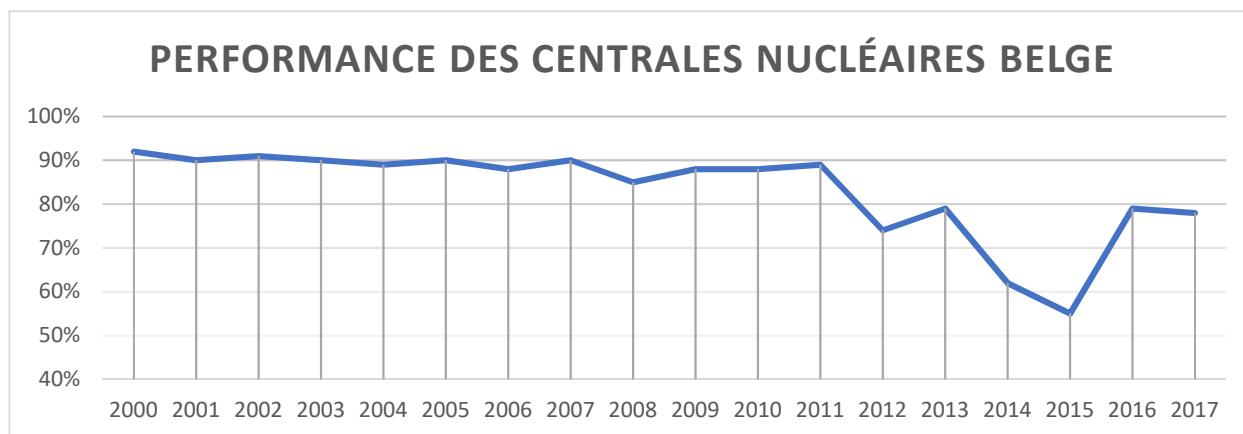


Figure 3: Performance des centrales nucléaires belge

Le graphique ci-dessous nous montre la performance des centrales nucléaires, c'est-à-dire leurs disponibilités. De manière générale et jusqu'en 2011, les réacteurs nucléaires affichent un taux de disponibilités avoisinant les 90 %. Cependant en 2012, les problèmes commencent. Cette année-là, Electrabel a détecté des microfissures dans certaines cuves, qui ont dû donc être mises à l'arrêt pour des vérifications supplémentaires¹⁹. En 2013, alors que le problème des cuves n'est toujours pas résolu, un autre incident touche la turbine à vapeur dans la partie non nucléaire du réacteur de Doel 4, ce qui a à nouveau interrompu la production d'électricité.

Les faibles performances des centrales nucléaires belges en 2015 résultent des opérations de maintenances concernant les centrales précitées.

¹⁸ Forum Nucléaire, « Disponibilité des centrales nucléaires belges : les chiffres ».

¹⁹ SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie, « Informations générales sur le cycle du combustible nucléaire belge, Volume 1 ».

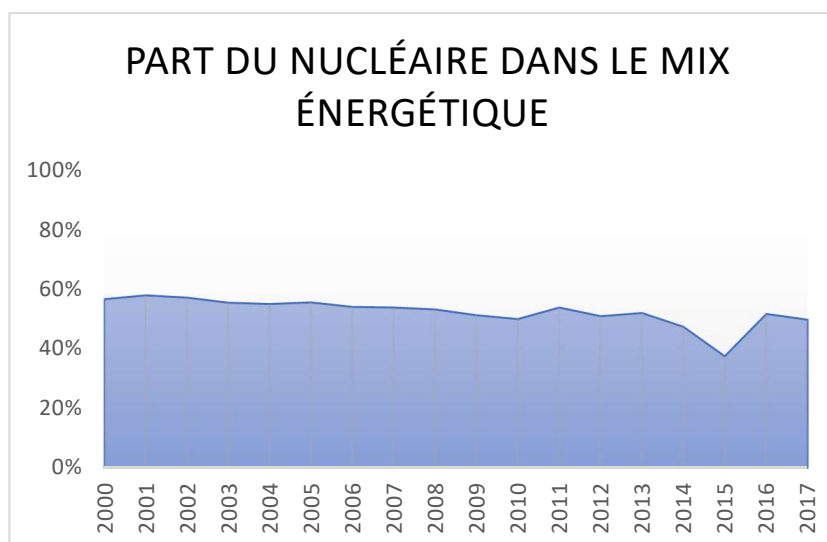


Figure 4: Part de l'énergie nucléaire dans le mix énergétique belge

Se faisant, ces dernières années, la part de l'énergie nucléaire dans le mix énergétique ²⁰ est devenue plus faible qu'auparavant, comme le montre le graphique suivant²¹.

En 2015, l'énergie nucléaire ne représentait que 37 % de l'énergie produite en Belgique, toutes sources confondues.

4.1.2.2. Centrales hydroélectriques

L'énergie hydraulique représente une faible part dans notre production d'électricité nationale. Cependant, il est intéressant, voire indispensable, d'exploiter toutes les sources d'énergie, et en particulier l'énergie renouvelable. Avec $\frac{3}{4}$ d'eau recouvrant notre planète, cette technologie semble être à même d'atteindre les objectifs de demain.

Fin décembre 2017, la Belgique comptait 154²² centrales hydroélectriques, dont 141 en Wallonie, ce qui fait qu'une majorité de la puissance hydroélectrique est située au sud du pays.

On compte différents types de centrales hydroélectriques. La plus répandue en Belgique est la centrale dite « au fil de l'eau ». Les turbines sont installées dans la rivière même ou dans l'un de ses bras. Le volume et la vitesse du flux passant dans la turbine sont fonction du profil de la rivière. En Belgique, 83 % des centrales hydroélectriques sont de ce type.

Le second type est la centrale de barrage où de l'eau est retenue, ce qui crée un bassin. Lorsqu'il est nécessaire de générer de l'électricité, des valves sont ouvertes afin de faire passer l'eau dans différentes turbines. 17 % des installations hydroélectriques sont de ce type en Belgique.

²⁰ Le mix énergétique définit la répartition des différentes sources d'énergie primaire (nucléaire, charbon, pétrole, éolien, etc.) utilisées pour produire une énergie bien définie comme l'électricité (Futura Science)

²¹ International Atomic Energy Agency (IAEA), « Statistiques par pays - Belgique ».

²² Association pour la Promotion des Energies Renouvelables (APERe), « Observatoire hydroélectricité ».

4.1.2.3. Centrales au gaz

Le gaz naturel représente, après l'énergie nucléaire, la deuxième source d'énergie dans le parc de production belge. Le gaz est utilisé dans des centrales *Turbine Gaz-Vapeur*, mais aussi dans des centrales de cogénérations, offrant aux industriels de la chaleur si celle-ci est nécessaire dans leurs processus.

4.1.2.3.1. Turbine gaz vapeur (CCGT)

Notre pays compte actuellement 5 Turbine Gaz-Vapeur, offrant une puissance de 2136 MW. Le principe de cette centrale thermique repose sur deux types de turbines. La première est une turbine à combustion, actionnée par les gaz issus de la combustion à haute température. Les fumées issues de cette combustion sont captées, et étant encore suffisamment chaudes, elles permettent d'actionner la deuxième turbine, la turbine à vapeur²³.

4.1.2.3.2. Cogénération

La cogénération est un procédé permettant de produire de façon simultanée chaleur et électricité. La chaleur est produite à titre principal alors que l'électricité est produite à titre secondaire. Ce procédé est avant tout destiné aux clients ayant besoin de chaleur, que ce soit pour leurs processus ou leurs bâtiments, comme les hôpitaux ou les serres agricoles.

Le gaz est ici utilisé pour faire tourner un moteur mettant en mouvement un alternateur produisant de l'électricité. Le mouvement de l'alternateur génère de la chaleur, produisant de l'eau chaude utilisée pour le chauffage ou les installations sanitaires²⁴.

4.1.2.4. Energie éolienne

Parmi les sources d'énergies renouvelables, l'énergie éolienne est la plus performante au niveau du rendement. En 2018, on comptait 888 éoliennes installées sur le sol belge, 505 en Flandre et 383 en Wallonie. À côté de cela, on compte également des éoliennes offshores, c'est-à-dire des éoliennes situées en mer du Nord, celles-ci étant au nombre de 274²⁵.

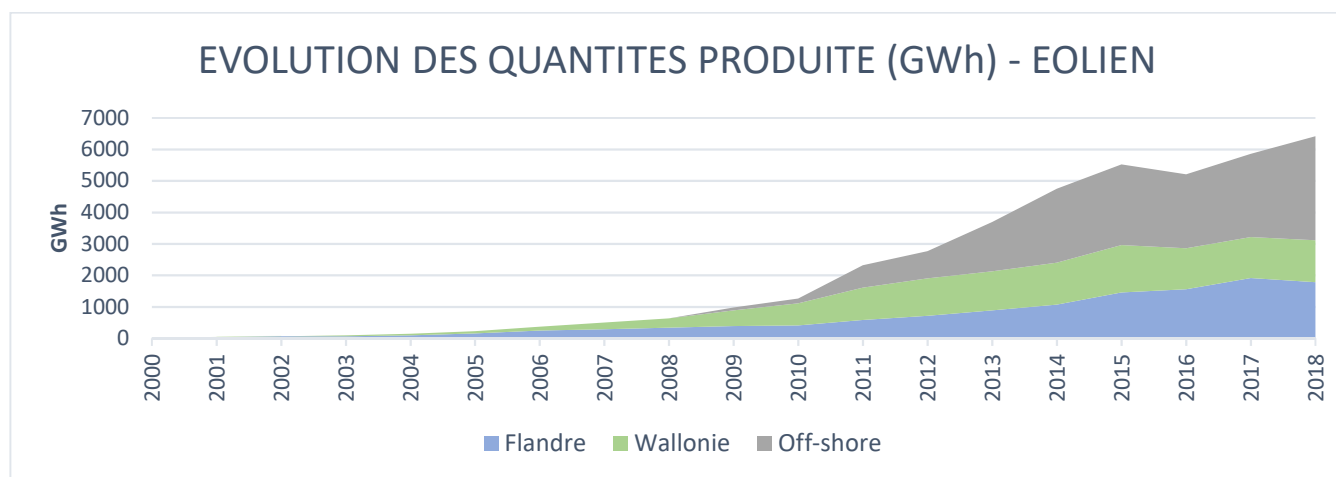


Figure 5: Évolution des productions pour l'éolien belge entre 2000 et 2018

Nous pouvons remarquer qu'en dépit d'un nombre plus important d'éoliennes onshore, les éoliennes situées en mer du Nord fournissent une quantité plus importante d'électricité, cela étant dû au fait que le vent est plus

²³ GE Power, « Combined Cycle Power Plant: How it works ».

²⁴ Energiguide by Sibelga, « Qu'est-ce que la cogénération ? »

²⁵ Association pour la Promotion des Energies Renouvelables (APERe), « Observatoire éolien ».

important en pleine mer. En effet, la production d'électricité par une éolienne est fonction du vent, et non de la demande.

Afin de pouvoir comparer ces deux types d'installations éoliennes, il est intéressant de se pencher sur leurs taux de charges. Pour se faire, il faut comparer l'énergie produite par une éolienne avec sa capacité maximale théorique. On obtient ainsi un rapport illustrant la production d'une éolienne tournant à plein régime (par exemple, une éolienne ayant fourni 1 MW sur une année, alors qu'elle est à même de fournir 4 MW, aura un taux de charge de 25 %. On peut donc imaginer qu'elle aura tourné durant un trimestre à puissance maximale, avant de s'arrêter).

$$\text{Taux de charge} = \frac{\text{Énergie électrique effectivement produite sur une période donnée}}{\text{Puissance nominale théorique sur la même période}}$$

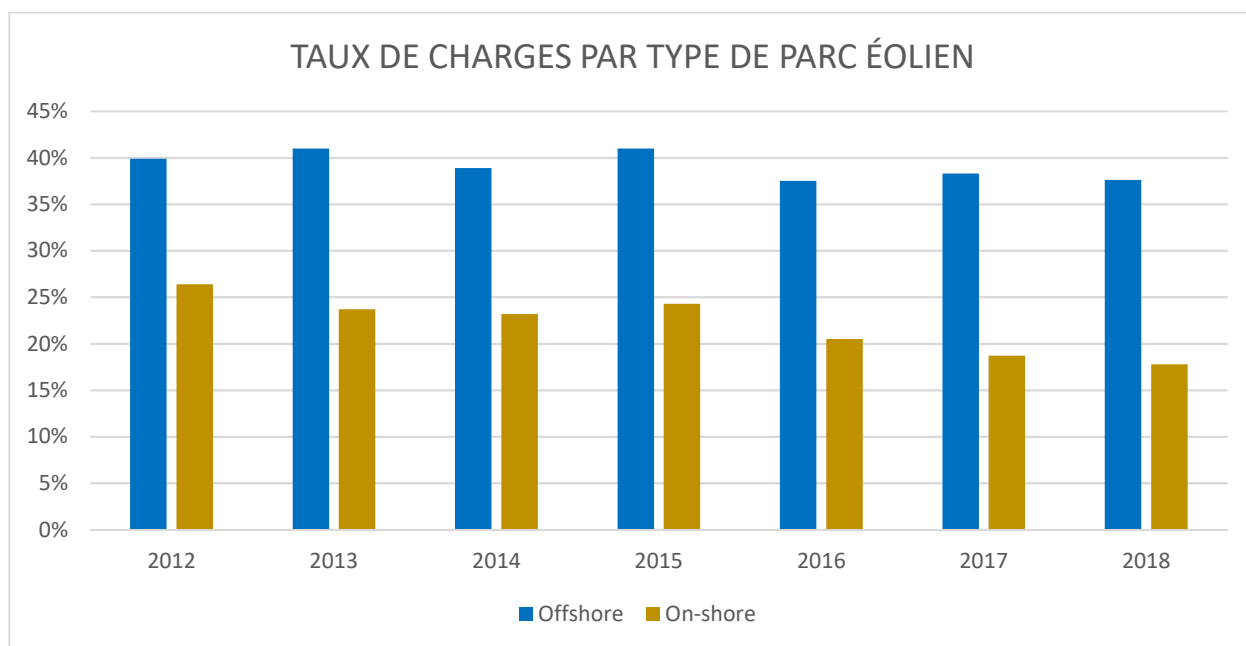


Figure 6: Taux de charges par type de parc éolien, entre 2012 et 2018

Nous pouvons remarquer sur le graphique ci-dessus que les taux de charges pour les deux types de parcs éoliens sont très différents. Le taux de charge pour une éolienne onshore est en moyenne, pour la période 2012-2018, de 22 %, contre 39 % pour les éoliennes offshore. Au niveau du rendement, il est donc plus intéressant d'installer des éoliennes offshore, bien que celles-ci aient un coût plus important, principalement plombé par les coûts de capitaux.

4.1.2.4.1. Éolien offshore

Avec ses 274 éoliennes en mer du nord, la Belgique se situe dans le top 3 Européens²⁶ de la production d'électricité provenant de l'offshore, derrière le Danemark et l'Allemagne.

Depuis 2008, la Belgique a massivement investi dans les projets éoliens offshore, encouragé par des politiques successives permettant de créer une sécurité juridique nécessaire au développement de telles infrastructures. Pour ce faire, une zone a été dédiée à l'éolien dans la partie belge de la mer du nord par le plan d'aménagement

²⁶ RTBF, « Les premiers ménages approvisionnés par le plus grand parc éolien de Belgique ».

des espaces marins²⁷. Cette zone dédiée à l'éolien est située au large de Zeebrugge, et devrait fournir à terme 2200 MW d'électricité, l'équivalent de 10 % de la demande nationale.

Le développement de la technologie éolienne a permis de diminuer les coûts et accessoirement la vitesse d'installation de ces éoliennes²⁸.

4.1.2.4.2. Éolien onshore

La majorité des éoliennes présentes sur notre territoire est donc installée sur le sol belge, avec 888 éoliennes installées en 2018, regroupées en 153 parcs éoliens.

4.1.2.5. Biomasse

Plus méconnue, l'électricité issue de la biomasse utilise les pellets de bois comme combustible.

Cette technologie figure dans la liste des énergies vertes, car, en théorie, la combustion de biomasse est neutre en CO₂ dans la mesure où la quantité de CO₂ émanant de la combustion est égale à celle que la biomasse a puisée dans l'air pour assurer sa croissance.

En pratique, la biomasse a tout de même des incidences sur le bilan carbone. En effet, la biomasse induit une demande en bois pour alimenter ces centrales. Il existe des producteurs européens de pellets, mais la demande est telle que nous devons faire appel à des producteurs outre-Atlantique comme les États-Unis ou le Canada. À eux seuls, ils représentent près d'un tiers de la production mondiale de pellets de bois.

Comme le montre la carte ci-dessous, on remarque que notre consommation est supérieure à notre production, et que nous devons donc faire appel à l'importation. En 2016, l'Europe a importé 6,6 millions de tonnes de pellets en provenance de l'Amérique du Nord²⁹. Afin de produire ces pellets, les industriels doivent donc puiser dans les ressources forestières. Ensuite, ce bois doit être transformé en pellet de bois, une

opération très énergivore, avant d'être expédié par bateau jusque chez nous.

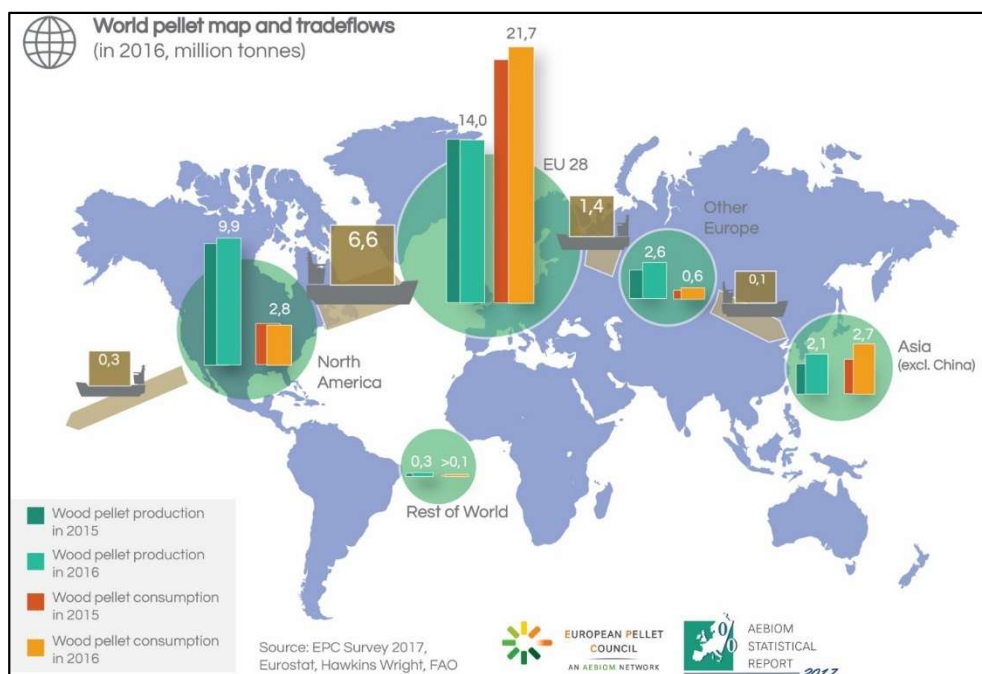


Figure 7: Production, consommation et flux de pellets de bois dans le monde en 2016

²⁷ SPF Santé publique, sécurité de la chaîne alimentaire et environnement, « Plan d'aménagement des espaces marins – Annexes – Cartes ».

²⁸ SPF Chancellerie du Premier Ministre, « La Belgian Offshore Platform remet son mémorandum 2019-2024 au Premier ministre ».

²⁹ European Pellet Council (EPC), « World Pellet Map ».

4.1.2.6. *Energie photovoltaïque*

Une autre énergie naturelle réside dans l'énergie solaire. À partir de 2001, désireux de profiter de cette nouvelle méthode de production d'électricité, de nombreux ménages belges ont investi dans le photovoltaïque. L'engouement pour cette technologie réside dans l'amélioration du rendement allant de pair avec la baisse des coûts de fabrication. En effet, dans les années 50, les panneaux photovoltaïques offraient un rendement de 6 % et un Watt se négociait à 1500 €. Aujourd'hui et avec la même technologie, on peut obtenir un rendement de plus de 20 % et un Watt à moins de 2 €³⁰.

Cette baisse peut notamment être imputée à la hausse de la demande, mais aussi aux dispositifs gouvernementaux permettant l'allègement de l'investissement, et l'accès à cette technologie pour un plus grand nombre.

Ces dispositifs gouvernementaux ont commencé à voir le jour en Wallonie à partir de 2007, sous l'impulsion d'André Antoine, ministre wallon de l'Emploi et de l'Énergie à l'époque, voulant booster le photovoltaïque³¹. Pour ce faire, un coefficient multiplicateur est mis en place ainsi qu'une augmentation de la durée d'octroi des CV sur 15 ans, et ce au travers du plan SolWatt³².

À côté de cela, une prime de 3500 € est également versée pour chaque nouvelle installation. Grâce à cette série d'incitants, les panneaux photovoltaïques commencent à germer sur les toits wallons. Cependant, ces incitants pèsent lourd sur le budget wallon, et la prime est alors supprimée, provoquant un raz-de-marée de réactions outrées.

Aussi, et afin de faire payer les producteurs d'électricité pour leurs utilisations du réseau, une redevance réseau a été mise en place, prenant la forme d'un tarif dit « prosumer ». Nous reviendrons sur cette redevance par après (9.1.1.3.1.).

³⁰ Bobex.be et Guide-Panneaux-Photovoltaïques.be, « Historique des panneaux solaires ».

³¹ RTBF, « Autopsie, épisode 6: le jour où le photovoltaïque wallon a dérapé ».

³² Réactif par le Ministre Wallon du Logement, des transports, et du Développement territorial en charge de l'énergie, « Plan Solwatt, photovoltaïque et secteur tertiaire : économies durables en vue ».

5. De quoi se compose le prix de l'électricité?

5.1. Avant la libéralisation du marché de l'électricité

Avant la libéralisation du marché de l'électricité, l'activité de production était confiée à Electrabel et à la SPE (Société coopérative de production d'électricité). Ceux-ci jouissaient du monopole de la production d'électricité. Electrabel est une société privée tandis que la SPE est publique. Electrabel est née en 1990 de la fusion de trois sociétés privées, à savoir Ebes, Unerg et Intercom.³³ La SPE quant à elle était une entreprise créée en 1978 regroupant plusieurs petits producteurs d'électricité originaires de la région de Gand et de Liège.³⁴

Le puissant Electrabel et la plus modeste SPE se partageaient donc la fonction de production dans une ambiance électrique.

L'électricité ainsi produite est alors acheminée jusqu'aux communes, sous la tutelle de la CPTE (Société pour la coordination de la production et du transport de l'énergie électrique) régissant le flux d'électricité sur le réseau et adaptant la production en fonction de la demande. L'électricité transite par un réseau basse tension, souvent propriété d'Electrabel. En effet, les communes étaient ravies de ne pas avoir à investir massivement dans des investissements coûteux pour leurs réseaux. Progressivement, Electrabel est devenu propriétaire de ce réseau. En 1999, Electrabel possédait par exemple 93 % du réseau tournaisien, 73 % du réseau namurois, 71 % du réseau arlonais, etc.³⁵

Une petite partie des consommateurs, les grands industriels, sont directement fournis en électricité par Electrabel avec qui des tarifs ont été négociés, tandis que la plupart des consommateurs sont desservis par le biais des intercommunales, regroupant bourgmestres et échevins exerçant leurs monopoles sur l'activité de distribution.³⁶

En pratique, les consommateurs payent leurs factures d'électricité à ces intercommunales qui rétrocèdent une partie des recettes aux producteurs d'électricité, après avoir touché une partie de cesdites recettes.

³³ Marc Vanesse, « Les dirigeants d'Electrabel et de la SPE se dirigent vers un accord - les chefs électriciens enterrent la hache de guerre ».

³⁴ Callmepower.be, « La Société productrice d'électricité (SPE) ».

³⁵ Berns et Thérin, « Dossier : Les communes gardent un oeil sur le compteur ».

³⁶ Test-Achats, « Electricité : vous la payez trop cher ! »

5.1.1. Tarifs

Plusieurs tarifs sont d'application : normal, bihoraire, faibles fournitures, social, et social bihoraire. Ces tarifs se composent d'une redevance fixe annuelle, et d'une part variable fluctuant en fonction de la consommation. Les tarifs pratiqués sont les mêmes dans tout le pays, qu'importe l'intercommunale de destination.

En 1999, les tarifs pratiqués étaient ceux-ci :

	Redevance annuelle fixe	Prix unitaire/kWh
PETITES FOURNITURES < 365 kWh/an	0	9,09 FB (0,23 €)
PETITES FOURNITURES > 365 et < 1500 kWh/an	583 FB (14,45 €)	7,49 FB (0,19 €)
TARIF NORMAL > 1500 kWh/an	2760 FB (68,42 €)	6,04 FB (0,15 €)
TARIF BI-HORAIRE Nécessite la pose d'un compteur bihoraire (4731 FB ou 117 €)	4335 FB (107,46 €)	Jour : 6,04 FB (0,15 €) Nuit : 2,78 FB (0,07 €)
TARIF SOCIAL SPÉCIFIQUE	0	6,04 FB (0,15 €)
TARIF SOCIAL BI-HORAIRE	1575 FB (39 €)	Jour : 6,04 FB (0,15 €) Nuit : 2,78 FB (0,07 €)

Tableau 2: Tarifs pour l'électricité en juin 1999.

5.1.2. Taxes

Une cotisation était d'application sur l'électricité, et était de 0,055FB/kWh.³⁷ À côté de cela il y avait bien entendu la TVA qui était d'application au taux de 21 %, s'appliquant sur le montant global.

5.2. Après la libéralisation du marché de l'électricité

5.2.1. Energie brute

Le premier élément composant le prix de notre électricité est l'électricité produite en elle-même, aussi appelé commodité (issus du mot anglais *Commodity*³⁸).

Il s'agit de la seule composante du prix négociable.

Le prix de cette énergie dépend de trois paramètres :

- ⚡ Un terme fixe, variant en fonction du compteur (jour, bihoraire, exclusif nuit³⁹)
- ⚡ Le coût de l'énergie produite, proportionnel à l'électricité utilisée. Ce paramètre peut être fixe ou variable, et ce en fonction du type de contrat souscrit avec son fournisseur. Un tarif fixe offre la sécurité pour le consommateur de ne pas voir le prix du kWh varier durant la durée de son contrat, moyennant un abonnement annuel plus onéreux. A contrario, un tarif variable est indexé trimestriellement sur base d'une bourse énergétique.
- ⚡ Le coût relatif aux énergies vertes. Il s'agit ici d'une quote-part destinée à restreindre les émissions de dioxyde de carbone (CO₂). Cette *contribution* prélevée obligatoirement par les fournisseurs d'énergie

³⁷ Berns et Thérin, « Dossier : Les communes gardent un œil sur le compteur ».

³⁸ « Commodity: a substance or product that can be traded, bought, or sold ».

³⁹ CWaPE, « Le compteur exclusif nuit ne fonctionne que pendant la nuit et permet d'alimenter les appareils de chauffage électrique à accumulation ou chauffe-eau alimentés uniquement en période nocturne ».

est utilisée pour faire l'acquisition de certificats verts à des producteurs d'énergie renouvelable, afin de les encourager à améliorer leurs installations.

5.2.2. Transport

L'énergie produite est ensuite transmise par le biais des lignes à haute-tension par Elia, le gestionnaire du réseau de transport d'électricité à haute-tension en Belgique, qui applique des frais pour ce service. Ceux-ci permettent de couvrir les frais inhérents à la maintenance des infrastructures, à la surcharge de soutien aux énergies renouvelables (destinée à promouvoir les énergies renouvelables), au financement de la réserve stratégique (mécanisme mis en place afin de faire face à une éventuelle pénurie structurelle pouvant frapper le pays durant le mois d'hiver, garantissant une certaine sécurité d'approvisionnement⁴⁰) et aux surcharges de raccordement au parc éolien offshore (mise en place afin de compenser les coûts liés au raccordement des parcs éoliens offshore⁴¹).

5.2.3. Distribution

L'électricité est, par après, distribuée via le réseau de distribution, et ce par le biais des gestionnaires du réseau de distribution. Ceux-ci sont en charge de la gérance, de la maintenance, et du développement du réseau électrique. C'est également ceux-ci qui sont en charge des compteurs électriques, des données de consommation et de la gestion du marché (changement de fournisseurs d'électricité, changement d'adresse, etc.).

Les gestionnaires du réseau de distribution sont tenus de reverser une partie de leurs recettes aux communes sous la forme d'une redevance de voirie communale, et ce dans le but de pouvoir utiliser le domaine public de la commune pour y faire passer les câbles électriques⁴².

Aussi, les gestionnaires de réseaux de distribution ont l'obligation de tenir un registre à jour, comprenant l'ensemble des éclairages publics de la commune, en vue de réaliser un audit énergétique s'adressant aux villes et communes dans laquelle le GRD⁴³ est installé⁴⁴. Cette obligation vise à améliorer l'efficacité énergétique du parc d'éclairage public⁴⁵.

Les gestionnaires de réseau de distribution doivent, en outre, offrir un tarif dit *social* aux consommateurs les plus fragilisés⁴⁶. Ceux-ci sont généralement appelés « client protégé ». C'est le cas des personnes bénéficiant du revenu d'intégration, des personnes invalides, ou des personnes vivant dans un logement social. Le tarif social est fixé semestriellement par la Commission de Régulation de l'Électricité et du Gaz, la CREG.

⁴⁰ Elia, « Réserve stratégique ».

⁴¹ Federation of belgian industrial energy consumers (Febeliec), « Prise de Position: Surcharges sur l'électricité: situation 2018 ».

⁴² Moniteur Belge, Arrêté du Gouvernement wallon relatif à la redevance pour occupation du domaine public par le réseau électrique.

⁴³ « Gestionnaire du réseau de distribution »

⁴⁴ Moniteur Belge, Arrêté du Gouvernement wallon relatif à l'obligation de service public imposée aux gestionnaires de réseaux de distribution en termes d'entretien et d'amélioration de l'efficacité énergétique des installations d'éclairage public.

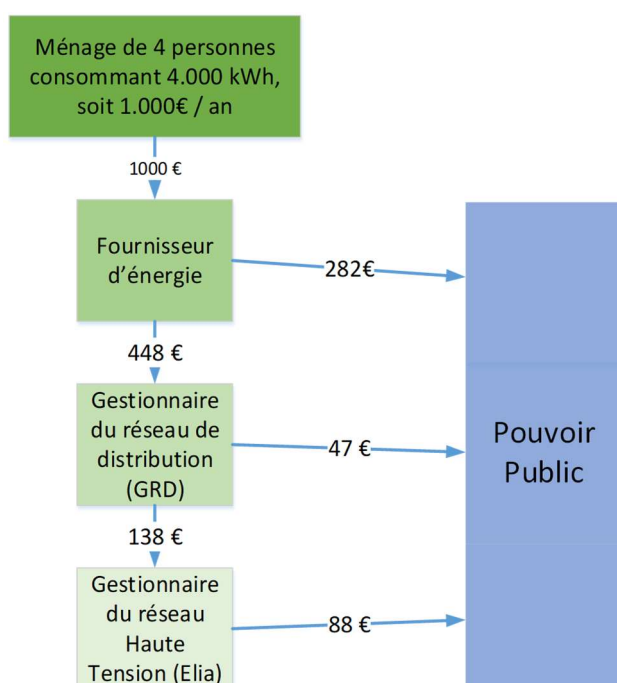
⁴⁵ Moniteur Belge, Décret de la Région Wallonne relatif à l'organisation du marché régional de l'électricité.

⁴⁶ SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie, « Tarif social pour l'électricité et/ou le gaz naturel ».

5.2.4. Taxes et prélèvement fédéraux

À côté de ces différents coûts vient ensuite la TVA de 21 % d'application sur l'électricité⁴⁷, ainsi qu'une série de prélèvement fédéral. Ceux-ci couvrent notamment la couverture des frais de fonctionnement de la CREG, le financement des obligations découlant de la dénucléarisation des sites nucléaires de Mol-Dessel, le financement des mesures sociales visant à confier aux CPAS la mission de guidance et d'aide sociale financière dans le cadre de la fourniture d'énergie aux personnes les plus démunies, aussi que le financement du coût réel net résultant de l'application des prix minimaux pour les clients protégés⁴⁸.

5.2.5. Exemple chiffré⁴⁹



En moyenne, une famille de 4 personnes consomme en moyenne 4.000 kWh/an, ce qui représente une facture totale d'environ 1.000 €.

Comme nous pouvons le constater sur le schéma, c'est le fournisseur d'électricité qui récupère les 1000 €. Il verse ensuite 448 € au gestionnaire du réseau de distribution, qui reverse 138 € à Elia. Ces frais couvrent le transport et la distribution de l'énergie.

Ensuite, chaque acteur reverse une partie de sa recette aux pouvoirs publics, afin de mettre en application la politique énergétique, de soutenir les énergies renouvelables, et de payer la TVA et diverses cotisations.

Figure 8: Répartition de la facture énergétique entre les différents acteurs du marché (Exemple chiffré)

Il apparaît donc que le prix réel de l'électricité ne représente que 27 % de la facture totale d'électricité, et que

celle-ci est fortement impactée par les différentes taxes et prélèvements d'application sur ce produit, représentant 41,7 % de la facture énergétique.



⁴⁷ Moniteur Belge, Arrêté royal modifiant les arrêtés royaux nos 4 et 20 relatifs à la taxe sur la valeur ajoutée.

⁴⁸ CWaPE, « Surcharges en électricité applicables au 1er janvier 2019 ».

⁴⁹ Ores, « Comprendre ma facture d'électricité ».

6. Coût de production de l'électricité en fonction de la technologie utilisée

TECHNOLOGIE	Capital cost			O&M costs			Fuel, waste, carbon costs	LCOE			LCOE			Durée de vie
	3%	7%	10%	3%	7%	10%		3%	7%	10%	3%	7%	10%	
	USD / MWh			USD / MWh			USD/MWh	USD / MWh			EUR / MWh			
CHARBON	15	27	37	8	8	8	49	72	83	94	64	74	84	40
NUCLEAIRE	27	60	93	14	14	14	10	51	84	117	46	75	104	60
CCGT	10	14	18	4	4	4	88	99	103	106	88	91	94	30
ONSHORE WIND	71	99	122	122	27	27	-	98	125	149	87	111	132	25
OCGT	9	12	16	4	4	4	115	128	131	134	114	117	120	30
SOLAR PV_COMMERCIAL	120	168	208	22	22	22	-	142	190	230	127	169	204	25
OFFSHORE WIND	99	137	170	53	53	53	-	153	191	224	136	170	199	25
SOLAR PV RESIDENTIAL	168	234	290	22	22	22	-	190	256	312	169	228	277	25

Tableau 3: Coût actualisé de l'électricité en Belgique en fonction de la technologie utilisée (LCOE : Levelized Cost of Energy)

Le tableau ci-dessus présente les LCOE (« Levelized Cost of Energy ») pour chaque technologie de production d'électricité. Le LCOE est un outil de mesure du coût complet de production d'énergie pour une technologie donnée, et ce pour toute sa durée de vie économique.

Les coûts pris en compte sont les coûts :

- ⚡ De capital : acquisition, construction, rénovation : Investissement initial, remboursement d'emprunts, charges financières.
- ⚡ Opérationnel : Opération, maintenance, mains d'œuvre et matériel.
- ⚡ De carburants.

Dans le cas de l'énergie nucléaire par exemple, les coûts de capital sont les coûts nécessaires à la construction du bâtiment, à l'installation du réacteur, à l'installation électrique, etc. La construction d'un réacteur peut être globalement estimée à environ 2 milliards d'euros⁵⁰.

Les coûts opérationnels sont les coûts liés à l'entretien et à la maintenance de la centrale nucléaire. Finalement, les coûts de carburants sont les coûts se rapportant aux combustibles nucléaires utilisés dans les centrales nucléaires (ceux-ci sont nuls pour les énergies renouvelables tels que l'éolien ou le photovoltaïque).

Globalement, nous pouvons remarquer que l'énergie la moins chère est celle issue des centrales aux charbons, bien que cette technologie soit particulièrement polluante. Vient ensuite l'énergie nucléaire, relativement bon marché, et présentant la durée de vie la plus importante. A contrario, les énergies renouvelables sont dans le bas du tableau, avec des coûts fort importants, particulièrement pour l'éolien offshore et pour les panneaux photovoltaïques. De plus, on peut remarquer que les technologies les plus onéreuses sont aussi celles dont la durée de vie est la plus courte.

⁵⁰ Reuss, *Parlons nucléaire en 30 questions*.

7. Compétitivité du prix de l'électricité pour les ménages

7.1. Pour les particuliers

Comme nous pouvons le voir sur ce graphique^{51,52} le prix de l'électricité a considérablement augmenté entre 1985 et 2018. Ces prix étaient d'application pour un ménage consommant entre 2500 kWh et 5000 kWh.

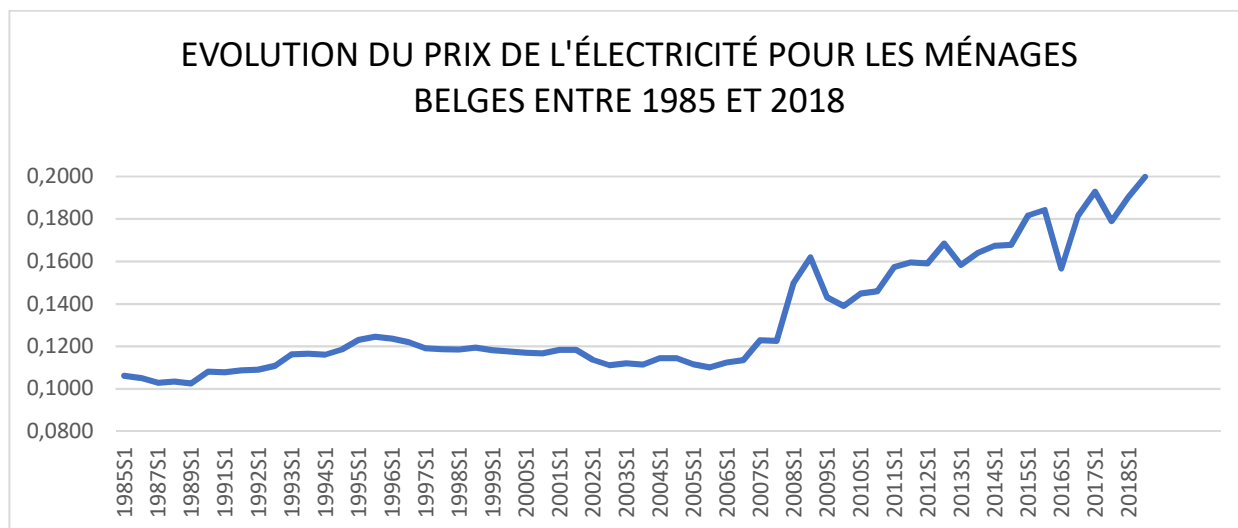


Figure 9: évolution du prix de l'électricité pour les ménages belges entre 1985 et 2018

L'augmentation la plus significative a eu lieu en 2007, à la suite de la libéralisation du marché de l'électricité. Cette libéralisation a pris naissance dans une volonté de la Commission européenne, désireuse de faire baisser le prix de l'électricité. Concrètement, le consommateur peut désormais comparer auprès des différents fournisseurs, celui qui lui convient, et ce sur base du prix, du service, ou encore de l'origine de l'électricité.

⁵¹ Eurostat, the Statistical Office of the European Union, « Electricity prices for household consumers - bi-annual data (from 2007 onwards) ».

⁵² Eurostat, the Statistical Office of the European Union, « Electricity prices for domestic consumers - bi-annual data (until 2007) ».

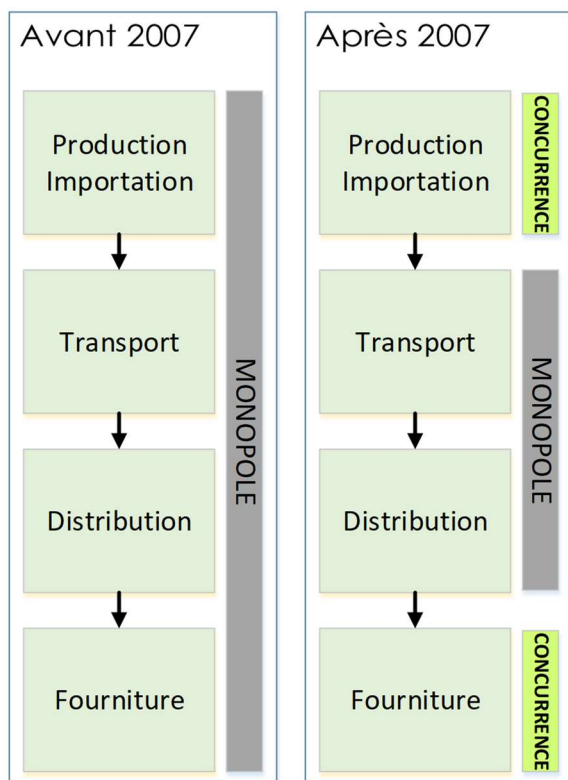


Figure 10: Évolution de l'organisation du marché de l'électricité, avant et après la libéralisation du marché

Auparavant, le client n'avait de contact qu'avec l'intercommunale. Celle-ci avait le monopole sur le marché, s'occupant du transport et de la fourniture d'électricité.

Aujourd'hui et à partir de 2007 en Wallonie, les intercommunales ne s'occupent plus que de la distribution, et sont plus communément appelées *Gestionnaire du Réseau de Distribution* (GRD). La fourniture quant à elle, est prise en charge par les fournisseurs d'électricité.

La volonté première de la Commission européenne était de faire baisser le prix de l'électricité pour les consommateurs, mais il n'en a rien été. En effet, entre 2007 et 2018, le prix de l'électricité a augmenté de 62,57 %, à 0,1996 €/kWh.

Cette augmentation tire son origine de différents facteurs. Premièrement, la partie *énergie brute* n'a elle, pas augmenté, au contraire⁵³. Deuxièmement, une partie de cette augmentation est à imputer à l'augmentation de la contribution aux énergies renouvelables mises en place par la Région wallonne⁵⁴.

En effet, les fournisseurs sont désormais tenus de disposer d'un certain nombre de certificats verts afin de pouvoir exercer leurs activités.

La TVA a également eu un impact durant 17 mois. En effet, le législateur fit passer le taux de TVA pour l'électricité à 6 %, avant de la refixer à 21 %.

Aussi, bien que les fournisseurs d'électricité aient baissé leurs prix pour faire face à la concurrence, les gestionnaires du réseau de transport et du réseau de distribution ont, quant à eux, augmenté leurs prix⁵⁵. En Belgique, le prix pratiqué par les gestionnaires du réseau de distribution a augmenté de 85,80 % entre 2007 et 2017. Cette augmentation nationale est tirée vers le haut par la Flandre. En Flandre, la hausse de tarif des gestionnaires de réseaux de distribution fut de 170 %, contre 49 % en Wallonie et 37 % à Bruxelles. La raison principale de cette augmentation est la hausse du tarif des obligations de services publics. Concrètement, ces gestionnaires doivent étendre leurs réseaux dans des zones qui ne sont pour l'instant pas encore couvertes, ce qui entraîne des investissements importants pour couvrir ces zones.

Les taxes et prélèvements ont eux aussi augmenté ces dernières années. Le premier facteur d'augmentation est la cotisation fédérale qui s'est vue augmenter, afin de financer notamment la dénucléarisation de certains sites nucléaires, ainsi que la politique de réduction des émissions de gaz à effets de serre. Aussi, une série de surcharges vient compléter cette augmentation. Ces surcharges concernent le financement du raccordement des parcs éoliens offshore, ainsi que la surcharge pour les certificats verts, et le financement de la réserve stratégique.

⁵³ CREG, « Prix de l'électricité et du gaz naturel en Belgique, dans les 3 régions et dans les pays voisins ».

⁵⁴ CWaPE, « Marché des CV - Statistiques prix ».

⁵⁵ CREG, « Etude sur les composantes des prix de l'électricité et du gaz naturel ».

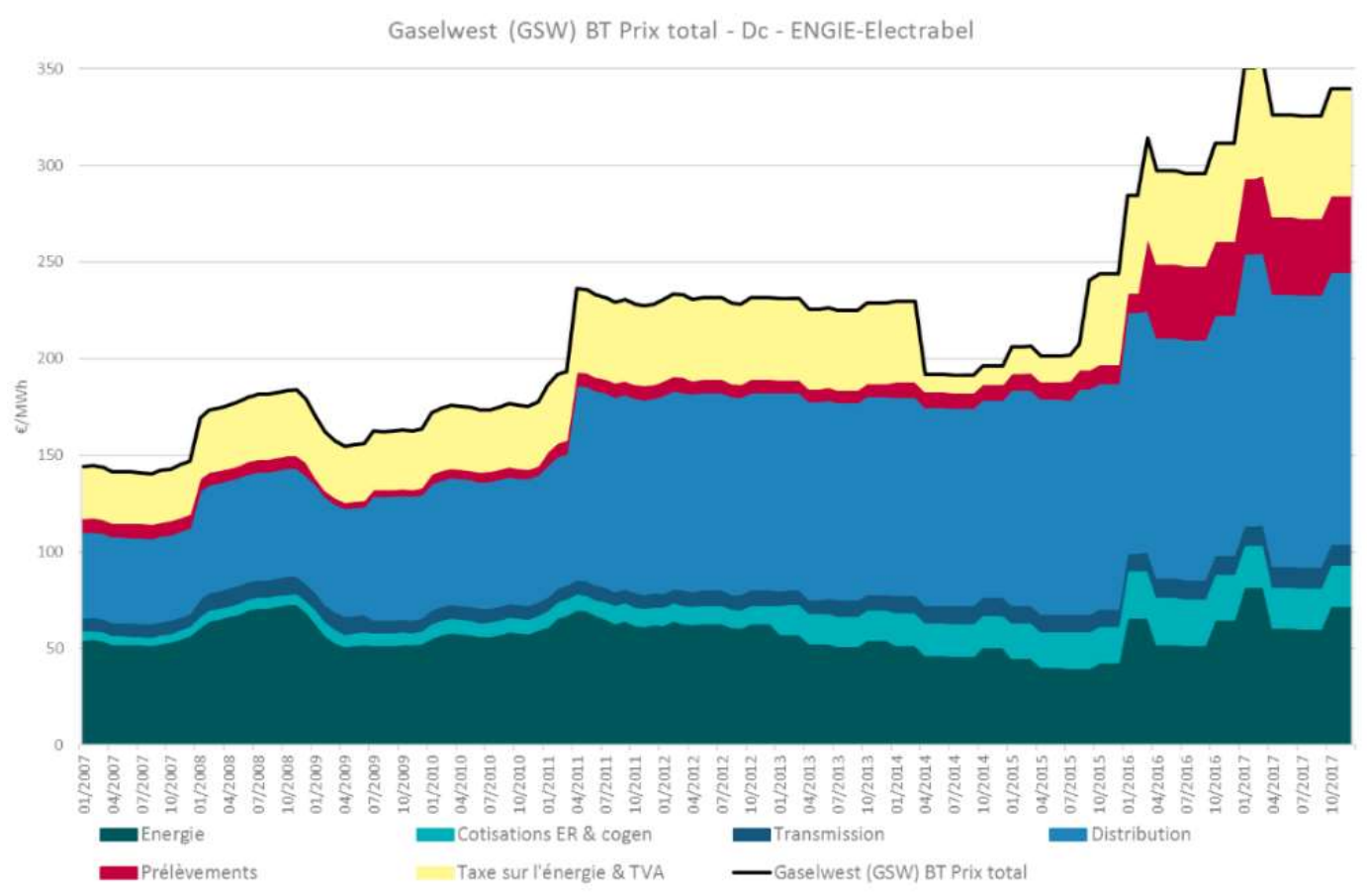


Figure 11:Évolution des 6 principales composantes du prix au consommateur final - Gaselwest (GRD) - Engie-Electrabel (Producteur) entre 2007 et 2017

Le graphique ci-dessus réalisé par la CREG nous permet de visualiser l'évolution des différentes composantes du prix de l'électricité, et met en lumière les différents facteurs d'évolution mis en exergue précédemment.

7.1.1. Comparaison avec nos voisins européens

Le graphique ci-dessous nous présente l'évolution du coût de l'énergie pour les particuliers entre 2010 et 2017 en Belgique, en Allemagne, aux Pays-Bas, et en France. On y retrouve également la moyenne des pays européens. Ces prix incluent toutes les taxes, prélèvement et TVA.

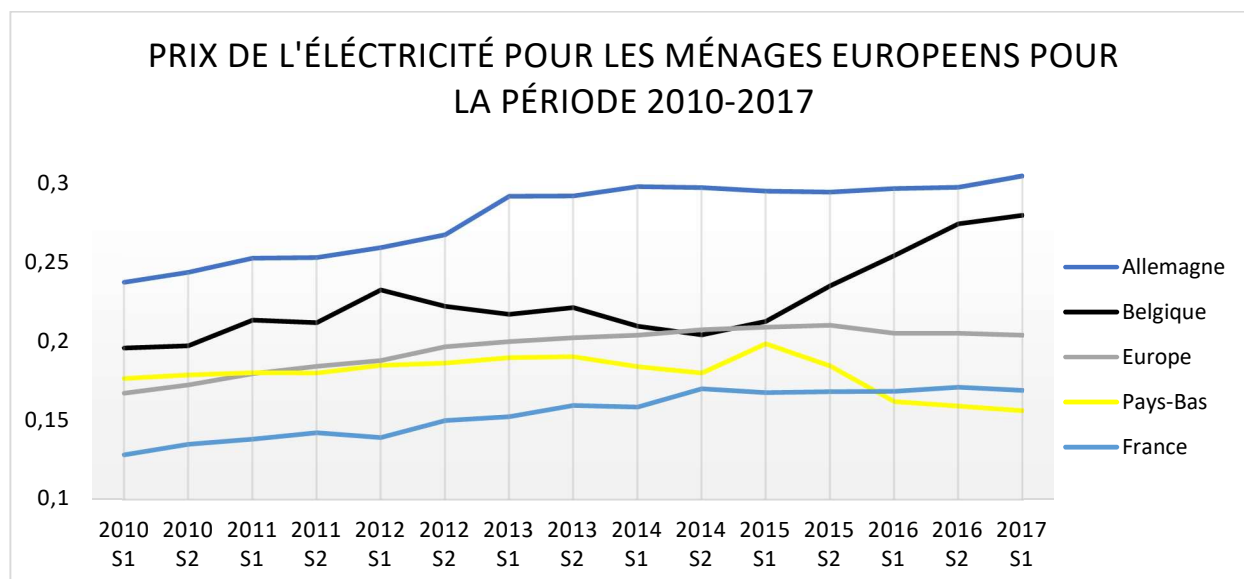
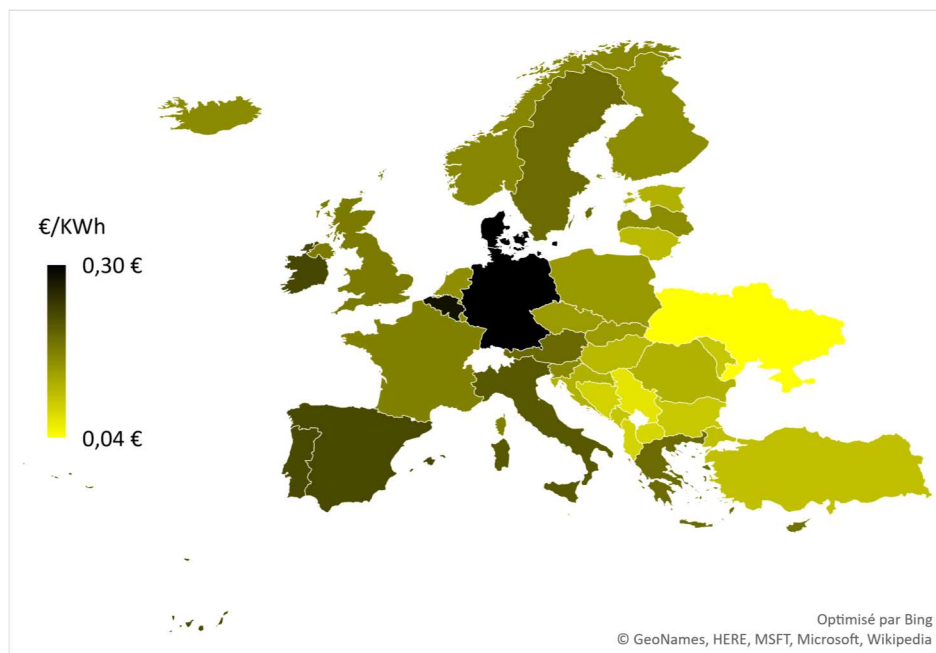


Figure 12: Prix de l'électricité pour les ménages belges, français, allemands, hollandais, et Européens en moyenne, pour la période 2010-2018⁵⁶

Le prix de l'électricité pour les ménages résidentiels est donc fort variable d'un pays à l'autre, pouvant varier du simple au double. La Belgique se situe dans le haut du graphique, avec des prix au kWh relativement élevé. Notre électricité est en outre plus chère que la moyenne européenne, mais reste meilleure marchés qu'en Allemagne. Il est à noter que la Belgique se situe sur le podium mondial des pays où l'électricité est la plus chère, derrière le Danemark et l'Allemagne.

À titre anecdotique, voici un rapide aperçu du prix de l'électricité pratiqué en Europe.



⁵⁶ Eurostat, the Statistical Office of the European Union, « Electricity prices for households in Belgium 2010-2018, semi-annually ».

7.2. Pour les entreprises

7.2.1. Belges

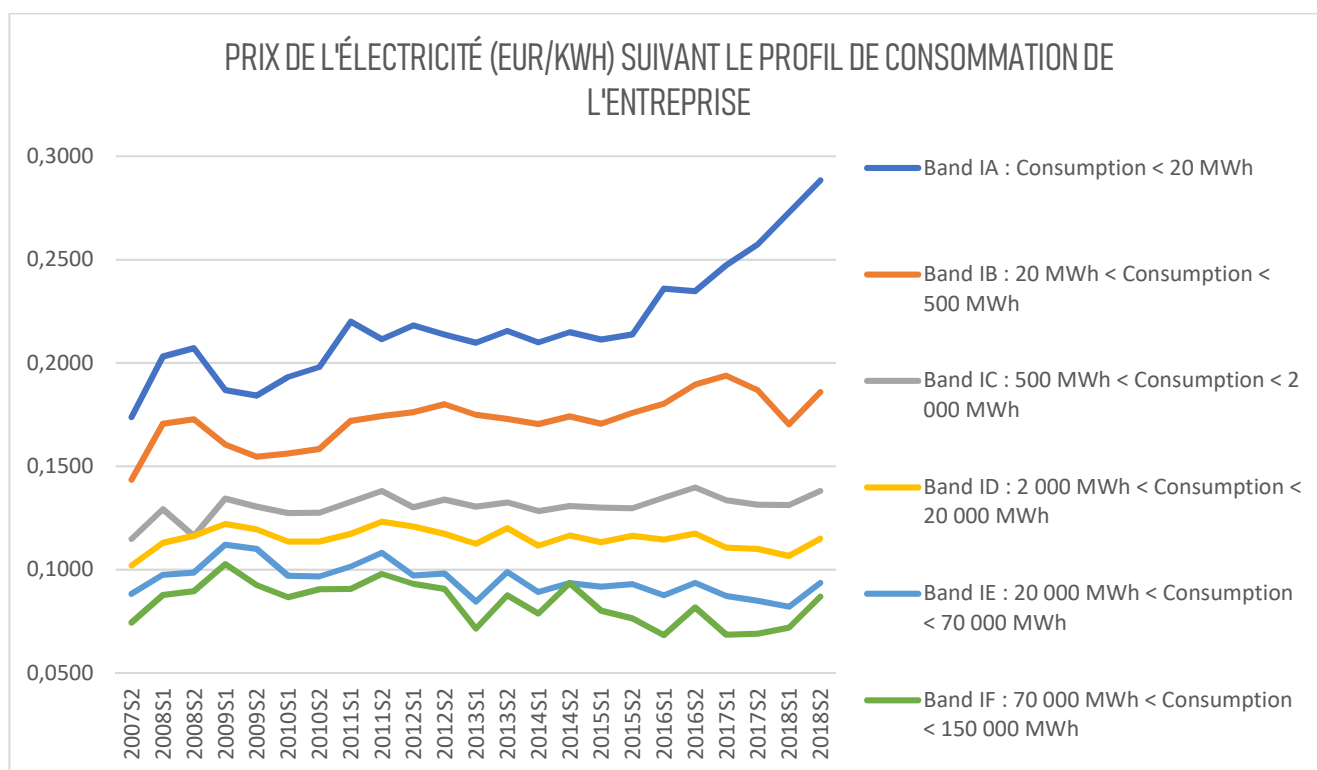


Figure 13: Prix de l'électricité (EUR/kWh) suivant le profil de consommation de l'entreprise entre 2007 et 2018 en Belgique⁵⁷

En Belgique et suivant le profil de consommation, les entreprises auront accès à différents tarifs. Au plus la consommation est élevée, au moins l'électricité est coûteuse.

Dans notre pays, le gouvernement intervient dans le but de réduire les coûts de l'électricité pour certaines catégories de consommateurs. Ces interventions se font principalement sur les taxes et prélèvements fédéraux.

⁵⁷ Eurostat, the Statistical Office of the European Union, « Electricity prices for non-household consumers - bi-annual data (from 2007 onwards) ».

7.2.2. Frontalières

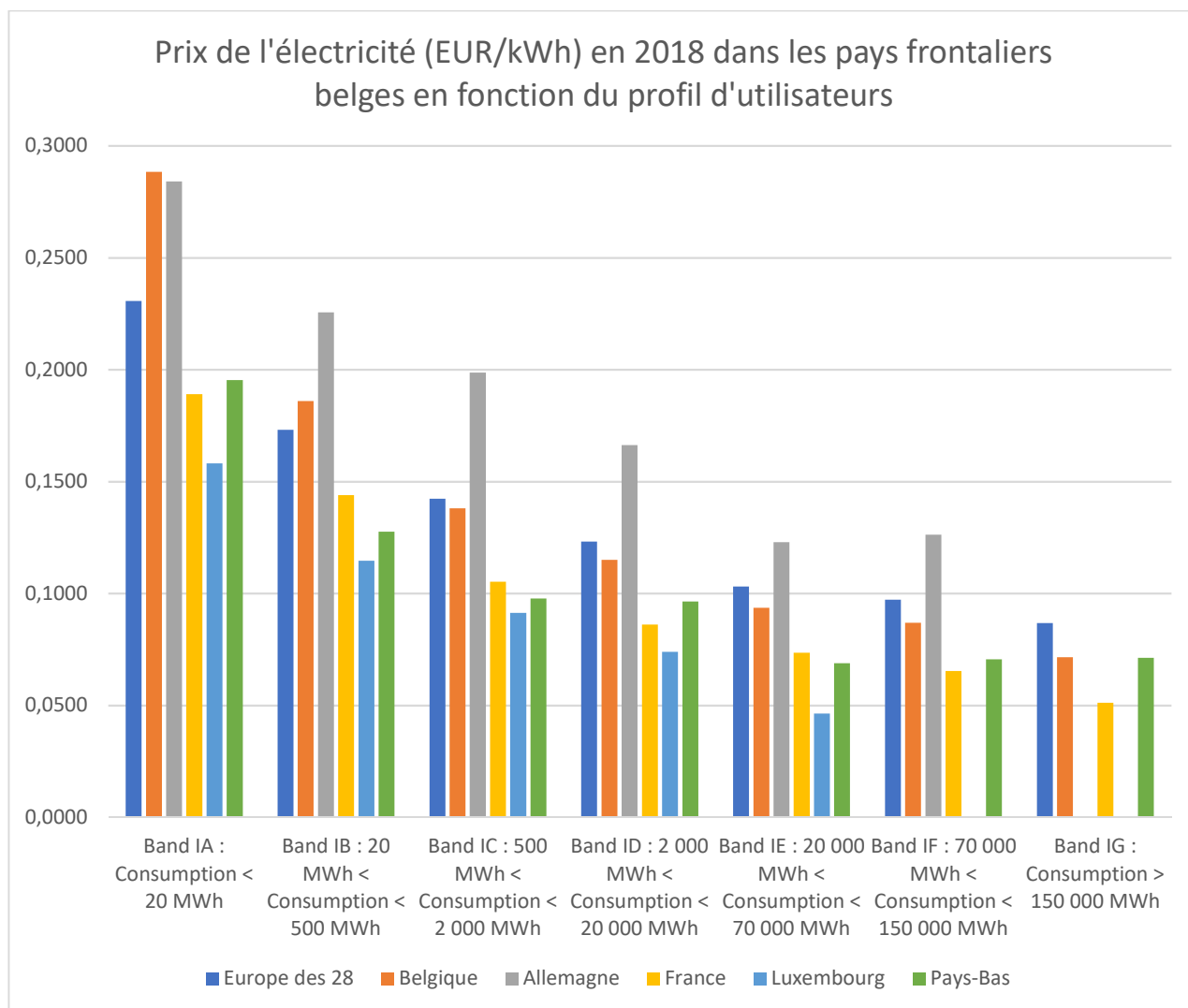


Figure 14: Prix de l'électricité (EUR/kWh) en 2018 dans les pays frontaliers belges en fonction du profil d'utilisateurs⁵⁸

Le graphique ci-dessus nous présente les tarifs d'application en Europe pour les entreprises, et ce en fonction de leurs profils d'utilisateurs. Nous pouvons remarquer que ces tarifs sont dégressifs, au plus l'entreprise consomme, au moins cette entreprise payera son kilowattheure.

Nous remarquons que les prix pratiqués en Belgique pour une faible consommation sont les plus élevés par rapport aux pays frontaliers, avec un prix supérieur de 25% par rapport à la moyenne Européenne.

Cependant, nous pouvons remarquer que la Belgique a, à un certain niveau de consommation, des prix moins importants que la moyenne européenne. En effet, pour une consommation comprise entre 500 MWh et 2000 MWh, la Belgique pratique des prix inférieurs de 3% à la moyenne européenne, et ce rapport augmente au plus l'entreprise consomme d'électricité.

A contrario, les prix pratiqués en Allemagne sont systématiquement les plus élevés, quel que soit le niveau de consommation. Il est à noter que certains pays ne communiquent pas sur les prix pratiqués pour les grands consommateurs, ces données étant gardées confidentielles.

⁵⁸ Eurostat, the Statistical Office of the European Union.

7.2.3. Electro intensive

Dans certains pays, lorsque le consommateur est une entreprise très énergivore, des tarifs et des dispositions particuliers sont mis en place. C'est le cas en Allemagne, en France, et aux Pays-Bas par exemple.

Pour avoir droit à ces tarifs préférentiels, l'entreprise doit répondre à certains critères.

PAYS	CRITÈRE
ALLEMAGNE	<p>Pour la plupart des secteurs d'activité : lorsque le coût de l'électricité est supérieur à 14% de la valeur ajoutée brute.</p> <p>Pour certains secteurs d'activité : lorsque le coût de l'électricité est supérieur à 20% de la valeur ajoutée brute.</p> <p>Toutes ces entreprises doivent être de type industriel.</p>
FRANCE	<p>Pour avoir droit à ces réductions, il faut que les consommateurs industriels aient une CSPE (contribution au service public de l'électricité) représentant au moins 0,5% de leurs valeurs ajoutées.</p>
PAYS-BAS	<p>Il existe aux Pays-Bas une double condition :</p> <ol style="list-style-type: none">1. Avoir des coûts énergétiques représentant plus de 3% de la valeur totale de la production ou des taxes énergétiques représentant plus de 0.5% de la valeur ajoutée.2. Avoir passé un accord pluriannuel avec le gouvernement pour économiser de l'énergie en augmentant leurs efficacités énergétiques.

Figure 15 : Critères donnant droit au tarif "électro-intensif" en Allemagne, en France et aux Pays-Bas

Dans ces pays, et lorsque l'entreprise répond à ces critères, elle aura droit à certains avantages.

En France par exemple, l'entreprise sera, sous certaines conditions, exemptée du paiement de la taxe intérieure sur la consommation finale d'électricité⁵⁹, ainsi qu'une déduction fiscale relative à des contrats d'approvisionnement à long terme, ainsi qu'un plafonnement de la contribution au service public de l'électricité⁶⁰.

En Belgique cependant, il n'existe pas de mécanisme de soutien pour les industriels électro-intensif, ce qui alourdit considérablement la facture.

En 2019, une étude réalisée par Deloitte⁶¹ chiffrait le montant total de la facture d'électricité pour les industriels électro-intensifs, et constatait de grandes disparités entre la Belgique et ses pays frontaliers.

Dans son étude, Deloitte fait la différence entre deux profils de consommateurs, les *peakload* et les *baseload* :

Baseload	Un consommateur baseload consomme de l'électricité pour son processus industriel de jour comme de nuit, étalant sa consommation.
Peakload	Un consommateur peakload consomme de l'électricité principalement durant les heures pleines, concentrant sa consommation durant la journée.

⁵⁹ Legifrance, Taxes diverses perçues par la douane - Taxes intérieure.

⁶⁰ Legifrance, Compensation des charges résultant des obligations de service public.

⁶¹ Deloitte, « Benchmarking study of electricity prices between Belgium and neighboring countries ».

7.2.3.1. En charge de base

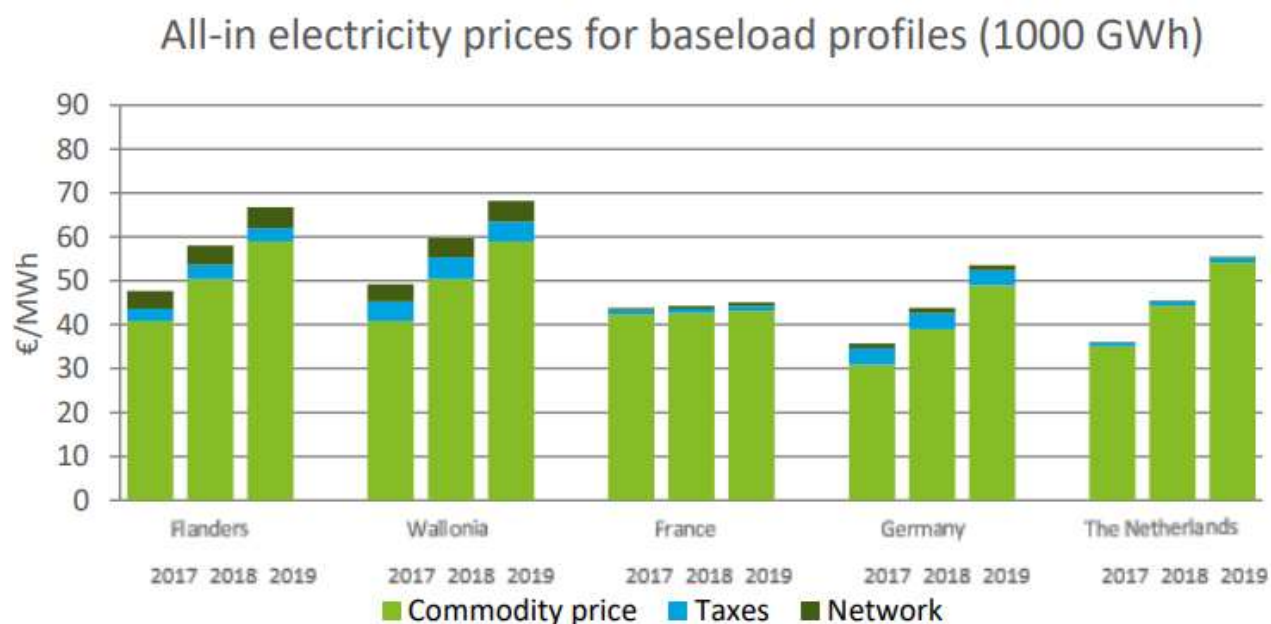


Figure 16: Facture d'électricité pour un consommateur ayant une charge de base de 1000 GWh, en Belgique, en Allemagne, aux Pays-Bas ainsi qu'en France

Nous pouvons constater sur le graphique ci-dessus que la Wallonie et la Flandre ont des prix supérieurs à la moyenne en matière d'électricité comparativement avec leurs voisins étrangers.

Les coûts pour l'énergie brute (la partie *commodity*) représentent la plus grande partie de la facture. La situation en Belgique est proche de celle des Pays-Bas, à savoir une électricité relativement chère. A contrario, la France et l'Allemagne ont un avantage compétitif par rapport à la Belgique.

Les taxes et prélèvements sont variables d'un pays à l'autre. En Flandre comme en Wallonie, on remarque que d'importantes taxes alourdissent la facture. Il en va de même pour l'Allemagne. La France et les Pays-Bas jouissent quant à eux d'une très faible taxation sur ces produits.

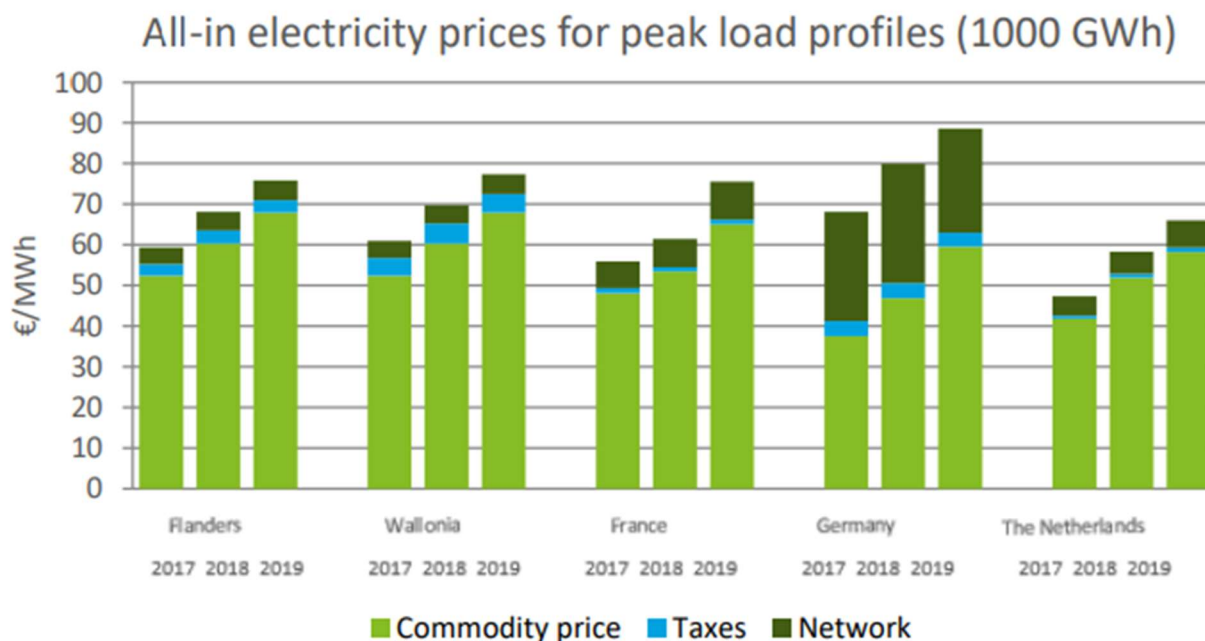
Les coûts de réseaux pèsent lourd dans la facture. La France, l'Allemagne et les Pays-Bas, bénéficiant d'importantes réductions en matière de coûts de réseau, jouissent d'un important avantage concurrentiel. En Allemagne, les coûts de réseaux peuvent être diminués de 90%, tandis qu'en France celle-ci est plafonnée à 50%.

En France pour y avoir accès, il faut notamment remplir cette condition :

« La consommation annuelle d'électricité du site en heures creuses, c'est-à-dire réalisées entre 20 heures et 8 heures en semaine, ainsi que le samedi et le dimanche, représente au moins 55 % de la consommation annuelle totale d'électricité »⁶²

⁶² Legifrance, Financement en capital des sociétés d'approvisionnement à long terme d'électricité.

7.2.3.2. En charge de pointe



Pour un profil de consommateur *peakload*, nous remarquons que la Belgique devient très sensiblement plus compétitive en comparaison avec ses voisins européens, constat s'expliquant principalement par des coûts de réseau moins importants que dans les autres pays. L'Allemagne présente quant à elle des coûts de réseaux particulièrement importants en comparaison avec ses voisins européens, augmentant très considérablement la facture d'énergie. Il est à noter cependant que les taxes réseau présentées ci-dessus correspondent à un intervalle de coûts, variant en fonction de la consommation annuelle.

Pour la partie *commodité* la Belgique présente les coûts les plus élevés pour ce profil de consommateurs, suivi de près par la France. L'Allemagne et les Pays-Bas affichent, eux, les prix les plus faibles pour la *commodité*.

Nous pouvons remarquer que les taxes sont particulièrement faibles en France et aux Pays-Bas. A contrario, la Belgique et l'Allemagne ont les taxes les plus élevées.

8. Analyse macroéconomique de la hausse du coût de l'électricité en Belgique

Du fait de l'important de place occupé par l'électricité dans les processus de fabrication, mais également dans nos habitudes de consommation, une variation du prix de l'électricité pourrait avoir des conséquences notables sur l'inflation et l'activité économique de notre pays.

Un choc sur le prix de l'électricité aurait des incidences sur l'inflation par différentes filières dont les conséquences arriveront à différents moments. Il faut premièrement différencier les effets directs, qui ne sont ni plus ni moins, la hausse du coût des produits électriques en tant que tel, mais également les effets indirects consistant en une hausse des coûts de production, des biens et services de consommations. Au plus un produit nécessite de l'électricité, au plus l'effet indirect sera important. Par exemple, le prix du train deviendra bien plus important, car ce moyen de transport nécessite d'importantes quantités d'électricité.

Par la suite, les agents économiques ajusteront leurs agissements en termes de fixation des prix ainsi qu'en matière de fixation des salaires, afin de conserver leurs profits ou salaires en termes réels. Utilisant toute l'information disponible, les agents anticiperont cette inflation future, et cette anticipation mènera à la concrétiser, mais aussi à la renforcer⁶³.

Ce choc se transmettra notamment par une dégradation des *termes de l'échange*. On entend par termes de l'échange le rapport entre la valeur des exportations et celle des importations d'une nation au cours d'une année. Cet effet découle de l'augmentation du prix des importations comparativement au prix des exportations. Concrètement, il sera plus cher pour notre économie d'acquérir des biens étrangers devenus alors plus coûteux. Cet affaiblissement de notre épargne aura pour effet de jouer sur notre demande intérieure, qui diminuera.

Ce choc se transmettra également par la *demande*. Sachant que les prix énergétiques auront augmenté, l'inflation ira de même. Ainsi, l'augmentation des prix aura pour effet de diminuer le revenu disponible des ménages et donc les dépenses de consommation se verront également diminuées.

Ce choc se transmettra également par *l'offre*, où cet effet est fonction de la part d'électricité nécessaire dans le processus de fabrication des biens et des services. À court terme, les entreprises vont s'adapter à l'augmentation de leurs coûts de production, par une hausse de leur prix, ou par une diminution de leurs marges. À plus long terme, les entreprises vont à nouveau s'adapter. Elles vont par exemple tenter de diminuer leur utilisation de cette énergie devenue plus coûteuse, en changeant leur processus de fabrication ou en utilisant cette électricité de manière plus efficace.

Les entreprises auront également tendance à diminuer leurs niveaux de production étant donné que la demande a elle-même diminué. Cette diminution du niveau de production entraînera par ailleurs une diminution des investissements et une augmentation du chômage. Cette augmentation du chômage aura également pour effet de diminuer le pouvoir de négociation des syndicats et les salaires se verront donc réduits.

⁶³ Wikilivre, « La politique monétaire/Les anticipations d'inflation ».

9. Étude de cas : Investissement en énergie renouvelable par des particuliers

9.1. Les panneaux photovoltaïques

Il sera ici question de savoir si l'installation de panneaux solaires par un ménage est intéressante.

9.1.1. Mise en situation

9.1.1.1. *Situation*

Pour ce faire, nous allons mettre un ménage en situation, composé de 4 personnes et consommant 4.500 kWh, et vivant dans chacune de nos régions. Ceux-ci sont propriétaires de leurs habitations depuis moins d'une dizaine d'années, et souhaiteraient installer des panneaux solaires sur leurs toits afin de répondre à leurs demandes d'électricité. Leur habitation dispose pour sa part d'un compteur « jour » à tarif unique. Aussi, il ne dispose pas d'un capital important et devra donc faire appel à l'emprunt bancaire. Leur maison quant à elle dispose d'un très bon ensoleillement, exception faite d'un chêne massif causant un ombrage, estimé à 5 % par un expert.

9.1.1.2. *Prix de l'installation*

Le prix d'une installation varie sensiblement d'une région à une autre. En effet en Flandre, les consommateurs sont friands d'achats groupés effectués au niveau local, ce qui leur permet d'avoir des prix légèrement en deçà de ceux pratiqués en Wallonie.

9.1.1.2.1. *Panneaux photovoltaïques*

Afin d'estimer le prix de notre installation, nous allons avoir besoin de connaître le nombre de panneaux photovoltaïques nécessaires afin de répondre à notre consommation.

Dans notre cas, la consommation de cette famille est, pour rappel, de 4.500 kWh.

De manière générale, la production d'électricité est libellée en kilowattheure, mais pour les panneaux photovoltaïques ce n'est pas le cas. En effet, on utilise le Watt-crête (Wc) pour cette technologie. Cela correspond en réalité à la quantité d'électricité qu'un panneau pourra délivrer lorsque l'ensoleillement et la météo sont à leurs optimums⁶⁴. Cependant, il est rare d'avoir un ensoleillement idéal. Afin de répondre à cette contrainte, nous devons appliquer un coefficient. En Belgique, ce coefficient est d'environ 0,9. Cependant dans notre exemple, un chêne cause de l'ombrage à hauteur de 5 %.

Partant de notre consommation estimée de 4.500 kWh et des paramètres d'ombrages repris ci-dessus, nous arrivons à une puissance requise pour notre installation de 5263 Wc.

Nous aurons donc besoin de 18 panneaux délivrant chacun une puissance de 300 Wc. Ceux-ci ont un prix unitaire d'environ 150 €, soumis à un taux de TVA de 21 % (dans la mesure où l'habitation est récente).

⁶⁴ Photovoltaïque.info, « Performance des modules photovoltaïques ».

9.1.1.2.2. Onduleur

À côté de cela, une installation photovoltaïque nécessite également la présence d'un onduleur. L'onduleur photovoltaïque ou onduleur solaire est un élément central de l'installation. Il convertit le courant continu généré par les panneaux photovoltaïques en courant alternatif utilisable sur le réseau. L'électricité ainsi produite pourra être réinjectée sur le réseau, ou être utilisée en autoconsommation directe, pour faire tourner sa machine à laver, par exemple.

Il permet en outre de protéger le réseau de l'îlotage⁶⁵, phénomène se produisant lorsque le réseau global vient à s'interrompre. Sans cette protection, les panneaux solaires renverraient de l'électricité sur le réseau global, ce qui serait problématique en cas d'intervention humaine sur le réseau pour des raisons techniques. Il serait en effet dangereux pour un technicien se croyant en sécurité sur ce réseau interrompu qu'une installation photovoltaïque continue à distribuer de l'électricité sur le réseau. Grâce à l'onduleur, il n'en est rien.

Pour notre calcul, nous retiendrons un onduleur hybride de la marque Huawei, vendue à 980 €⁶⁶.

9.1.1.2.3. Installation par un professionnel

Une fois le matériel acheté, il est temps pour notre famille de passer la main à un professionnel des panneaux solaires. Évidemment, le prix peut fortement varier en fonction du professionnel que l'on a choisi.

En moyenne, un technicien facturera 15 %⁶⁷ du montant des matériaux pour l'installation. C'est ce rapport que nous retiendrons ici.

9.1.1.2.4. Mesures fiscales

L'installation de panneaux photovoltaïques sur une maison de moins de 10 ans est soumise à un taux de TVA de 21 %. Si l'installation est effectuée sur une maison de plus de 10 ans, le taux de TVA passe alors à 6 %, à la condition que cette installation soit effectuée par un installateur agréé⁶⁸.

Initialement, le législateur voulait majorer le revenu cadastral du propriétaire, dans la mesure où son habitation se voit améliorer de façon substantielle. Cependant, cette mesure aurait eu pour effet de désavantager le propriétaire voulant mieux isoler son habitation ou réaliser des travaux permettant de diminuer sa facture d'électricité⁶⁹.

Aussi, dans le cadre d'un emprunt relatif à la pose de panneaux photovoltaïques, une réduction d'impôts à hauteur des intérêts bancaires était prévue jusqu'en 2012, mais cette mesure n'a pas été prolongée⁷⁰.

⁶⁵ Energie Facteur 4, « Systèmes photovoltaïques ».

⁶⁶ Helloenergie.com, « Onduleur Hybride 3kW - Intelligent - SUN2000L-3KTL - Huawei ».

⁶⁷ Renovermaison.be, « Prix installation panneaux solaires en Belgique pour 2019 ».

⁶⁸ Energie Facteur 4, « Le photovoltaïque : combien ça coûte ? »

⁶⁹ Cadastre.be, « Ce qui influence le calcul du revenu cadastral ».

⁷⁰ SPF Finances, « Fiscalité verte - Prêts verts ».

9.1.1.3. La compensation

Le propriétaire qui dispose d'une installation photovoltaïque bénéficie d'une mesure de soutien dans nos 3 régions, la compensation. En d'autres mots, c'est le principe du compteur tournant à l'envers.

Le principe est simple : ce que l'on injecte dans le réseau est contrebalancé par ce que l'on y puise, et ce sur une période donnée.

L'avantage pour le consommateur disposant de panneaux solaires est de taille. En effet, le consommateur est considéré comme étant le consommateur final de toute l'électricité produite, mais en réalité ce n'est pas le cas. Prenons l'exemple d'une journée ensoleillée où les panneaux solaires tournent à plein régime. Durant cette journée, le consommateur n'utilise pas beaucoup d'énergie (les lampes sont éteintes, le chauffage n'est pas allumé, etc.), mais en produit de façon conséquente. Le consommateur réinjecte donc de l'électricité sur le réseau électrique belge, mais ne paye pas de frais relatifs à ce même réseau, puisque le consommateur est considéré comme utilisateur final de son électricité produite.

Le principe selon lequel l'utilisateur n'utilise le réseau que pour sa consommation excédentaire épargne à l'utilisateur de payer les frais du réseau de transport et de distribution, qu'il utilise cependant durant une bonne partie de l'année (en réinjectant durant les périodes estivales, et en puisant durant les périodes hivernales).

9.1.1.3.1. La redevance réseau ou tarif « prosumer »

Afin de compenser l'avantage résidant dans le système de compensation, une redevance réseau a été mise en place, mais son application est différente en fonction des régions.

9.1.1.3.1.1. En Flandre

La Flandre a été la première à mettre en place cette redevance réseau, et ce depuis le 1^{er} juillet 2015⁷¹. Ce tarif Prosumer prend la forme d'une redevance fixe déterminée en fonction de la puissance de l'installation.

Tout consommateur disposant d'un compteur bidirectionnel doit désormais s'acquitter de cette taxe (puisque avec ce compteur, il n'est pas possible de connaître la quantité d'énergie injectée et la quantité prélevée, et il n'est donc pas possible de facturer les frais réels d'utilisation du réseau).

Cette redevance se calcule donc en fonction de la puissance de l'installation, et diffère selon le gestionnaire de réseau de distribution⁷².

Inter-Energa	Infrax West	Iveg	PBE	Gaselwest	Imea	Imewo	Iveka	Iverlek	Intergem	Gaz Sibel
84.49	92.83	98.63	92.33	109.24	86.29	90.15	89.79	91.42	77.21	102.49

Tableau 4: Barème par kilowatt du tarif Prosumer en Flandre

Par exemple, avec une puissance installée de 4 kW, et Gaselwest comme Gestionnaire de réseau de distribution, le consommateur flamand payerait :

$$109,24 \text{ €} * 4 \text{ kW} = 436,96 \text{ €}$$

⁷¹ Vreg - Vlaamse Reguleringsinstantie voor de Elektriciteits- en Gasmarkt, « Prosumententarief ».

⁷² Vlaamse overheid, « Berekening van het prosumententarief ».

Cependant, la Flandre pense à changer de système à partir de 2020. La Flandre voudrait en effet remplacer les compteurs électromagnétiques par des compteurs intelligents. Ceux-ci ont la particularité de disposer d'un affichage digital, mais ils sont également capables de différencier les flux d'énergie, à savoir l'énergie puisée et l'énergie injectée dans le réseau. De plus, ils peuvent communiquer directement avec les gestionnaires de réseau concernant le relevé d'index, ou encore la puissance du raccordement.

Ainsi, le compteur intelligent mesure de façon distincte l'énergie injectée et l'énergie puisée, et les flux deviennent connus des gestionnaires de réseau.

Afin de ne pas effrayer les propriétaires et les futurs propriétaires de panneaux photovoltaïques, la Flandre a mis en place une mesure transitoire. Quiconque installant des panneaux photovoltaïques avant 2021 aura le bénéfice pendant au moins 15 ans du système de compensation :

- ⚡ Si un propriétaire installe des panneaux en 2020, il pourra profiter de la compensation jusqu'en 2035, mais devra payer le tarif Prosumer sur base capacitaire.
- ⚡ Si un propriétaire dispose de panneaux depuis 2015, il aura droit au système de compensation jusqu'en 2030, mais devra payer le tarif Prosumer sur base capacitaire.
- ⚡ Si un propriétaire a installé des panneaux en 2006, il n'aura pas droit au système de compensation, puisqu'il en a déjà profité pendant 15 ans, et devra installer un compteur double flux pour payer les frais réels d'utilisation du réseau. Celui-ci sera cependant dispensé de payer le tarif Prosumer sur base capacitaire.

Concrètement, le particulier installant des panneaux photovoltaïques aurait le choix entre deux solutions.

La première solution est le tarif prosumer sur base capacitaire : le particulier paye une redevance fixe en fonction de la puissance de son installation et bénéficie de la compensation. Si sa consommation annuelle d'électricité est supérieure à sa production, il payera l'électricité excédentaire prélevée mais non produite, au prix du marché. Au contraire, s'il produit plus que ce qu'il ne consomme, cette production excédentaire ne sera pas valorisée. Cette tarification ne tient pas compte de l'autoconsommation.

La deuxième solution est le tarif prosumer sur base proportionnelle : dans un premier temps, le particulier produit et autoconsomme de l'électricité. L'électricité qui n'aura pas été autoconsommée sera réinjectée sur le réseau, sans valorisation. Lorsque le particulier reprélève son électricité du réseau, celui-ci devra payer une taxe pour les frais de prélèvement et de refacturation des coûts de transports ($\pm 0,13$ cent / kWh). À nouveau, l'électricité excédentaire produite, mais non consommée en sera perdue. Dans ce cas-ci cependant, cette tarification tient compte de l'autoconsommation. Si le particulier autoconsomme 100% de sa consommation, celui-ci ne devrait pas payer de redevance réseau.

9.1.1.3.1.2. En Wallonie

La Wallonie est désireuse de suivre l'exemple flamand, et de faire payer une partie de l'utilisation du réseau aux détenteurs de panneaux photovoltaïques. Actuellement et jusqu'à la fin de l'année, un propriétaire de panneaux photovoltaïque ne contribue pas à l'utilisation du réseau, contrairement aux consommateurs « classiques ». À partir du 1^{er} janvier 2020, les choses devraient changer.

Le gouvernement wallon a en effet adopté un tarif Prosumer, se déclinant sous deux modalités de facturation :

- ⚡ Sur base proportionnelle : si le détenteur de panneaux photovoltaïques dispose d'un compteur double flux ou d'un compteur intelligent, faisant la distinction entre injection et prélèvement sur le réseau, le gestionnaire de réseau lui appliquera des frais d'utilisation du réseau proportionnelle à son usage (tel que le voudrait la Flandre à l'horizon 2020).
- ⚡ Sur base capacitaire : si le propriétaire de panneaux photovoltaïque ne dispose pas d'un compteur double-flux, il lui sera appliqué un tarif calculé en fonction de la capacité de son installation (telle que d'application en Flandre à partir de 2015).

TARIF PROSUMER CAPACITAIRE TVAC

	2020	2021	2022	2023
AIEG	66,87	67,43	67,27	65,5
AIESH	85,29	86,34	86,5	86,91
ORES NAMUR	87,41	88,16	88,5	88,21
ORES HAINAUT	85,78	85,47	85,98	84,86
ORES EST	98,63	99,39	99,26	98,53
ORES LUXEMBOURG	89,54	90,29	90,63	91,63
ORES VERVIERS	98,54	98,79	99,07	97,08
ORES BRABANT WALLON	78,62	79,24	79,51	79,52
ORES MOUSCRON	78,81	76,67	80,31	82,26
RESA	76,04	77,06	76,87	77,19
REW	89,46	90,75	92,1	88,67

Tableau 5 : Barème par kilowatt du tarif Prosumer en Wallonie

Quoi qu'il en soit, si le propriétaire dispose d'un compteur double flux, le montant que celui-ci devra payer pour son utilisation du réseau ne pourra pas excéder le montant qu'il payerait en utilisant la méthode de facturation sur base capacitaire.

Par exemple, avec une puissance installée de 4 kW, et Ores Namur comme Gestionnaire de réseau de distribution, le consommateur wallon payerait au maximum :

$$87,41 \text{ €} * 4 \text{ kW} = 349,64 \text{ €}$$

9.1.1.3.1.3. À Bruxelles

À Bruxelles et jusqu'en 2020, les détenteurs de panneaux photovoltaïques pourront profiter du système de compensation. Ce système permet de ne payer que l'électricité nette consommée provenant du réseau.⁷³

Cependant, à partir de 2020, ce système prendra fin. À cette date, les détenteurs de panneaux photovoltaïques recevront une facture pour la totalité de l'électricité prélevée sur le réseau, qu'importe la quantité d'électricité

⁷³ Brugel, « Information sur la fin de la compensation à Bruxelles ».

injectée sur le réseau. L'électricité injectée sur le réseau sera quant à elle valorisée grâce au mécanisme de certificats verts (CV), et ce pour une durée de 10 ans⁷⁴.

En effet, une fois que le particulier aura installé ses panneaux photovoltaïques, celui-ci devra les faire certifier par BRUGEL, le régulateur bruxellois pour les marchés du gaz et de l'électricité, ou par un autre organisme certifié (la certification se fait actuellement par BRUGEL, mais cette compétence sera transférée à un autre organisme courant 2019). Cette certification n'est pas à charge du propriétaire de panneaux photovoltaïques.⁷⁵

Une fois son installation certifiée, le propriétaire de panneaux aura droit à un certain nombre de certificats verts, qu'il pourra revendre à des producteurs d'énergie non renouvelable. Ceux-ci sont fortement intéressés par l'acquisition de ces certificats verts, car ils doivent respecter un quota de certificats verts, sous peine de se voir infliger une amende.

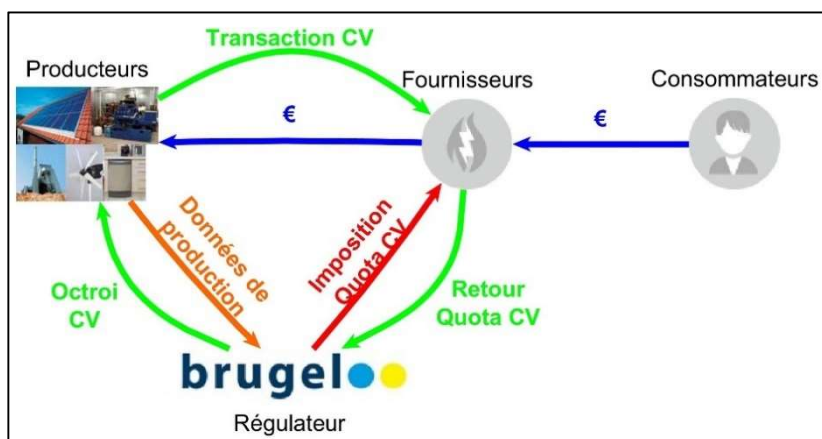


Figure 17: Mécanisme des certificats verts à Bruxelles

Le schéma ci-contre illustre le mécanisme des certificats verts à Bruxelles. Concrètement, les détenteurs de panneaux photovoltaïques installent leurs panneaux, qui sont certifiés par Brugel. Une fois cette certification réalisée, Brugel octroie des CV à ces détenteurs. Les détenteurs quant à eux sont également tenus

d'informer Brugel des données de productions de leurs installations, et ce par le biais d'une plateforme Extranet.

Les propriétaires de panneaux photovoltaïques qui détiennent maintenant des certificats verts vont tenter de les vendre à des fournisseurs d'électricité, qui sont eux-mêmes demandeurs de ces titres. Ces certificats verts s'échangent aux prix d'équilibre après que l'offre et la demande aient été confrontées.

Une fois qu'ils disposent des certificats verts, ces fournisseurs transmettront la quantité de certificats verts dont ils disposent à Brugel. Si les fournisseurs ne disposent pas de suffisamment de certificats verts aux yeux de Brugel, alors ils devront payer une amende forfaitaire de 100 € par certificats manquant.

Le nombre de certificats verts délivrés dépend donc de la puissance de l'installation, et également d'un coefficient multiplicateur mis en place par Brugel.

Installation 3
< 5 kWc

Avec notre situation de départ (un ménage produisant 4500 kWh), notre ménage aura donc droit à :

Installation 2,4
> 5 kWc

$$4,5 * 3 CV = 13,5 CV \text{ au total}$$

⁷⁴ Brugel, « Mécanisme des certificats verts ».

⁷⁵ Brugel, « Certification d'une installation ».

À Bruxelles, le prix des certificats verts a fortement fluctué ces dernières années, comme le montre le graphique ci-dessous :

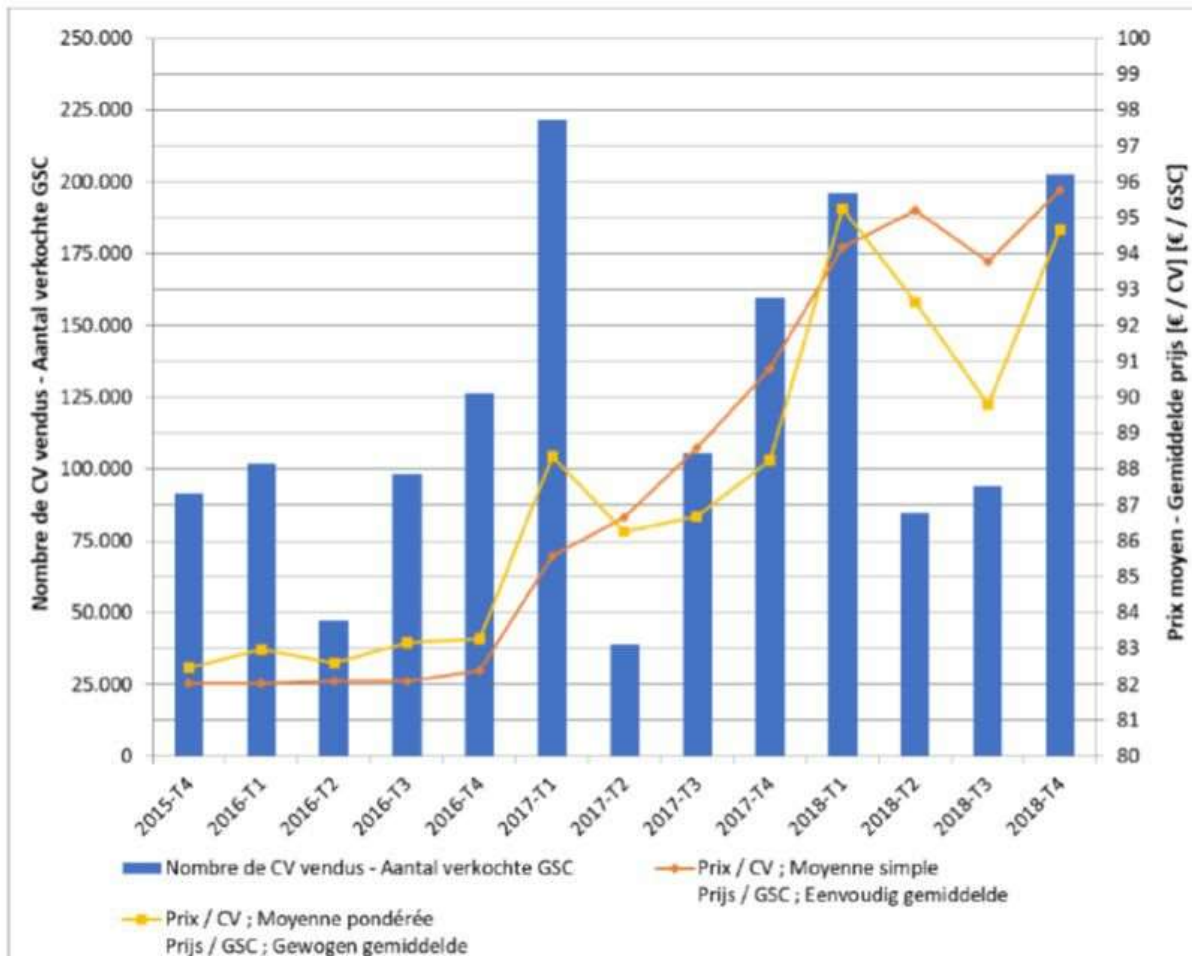


Figure 18 : Évolution du nombre de CV vendus à Bruxelles et leurs prix moyens, entre 2015 et 2018

A Bruxelles, le prix minimum garanti pour un certificat vert est de 65€, prix que nous retiendrons.⁷⁶

Les 13,5 CV de notre ménage seront donc valorisés à ce prix. Notre ménage touchera donc la somme de :

$$13,5 * 65 = 877,5 \text{ €}.$$

Par la suite, chaque fois que l'installation photovoltaïque aura produit 1000 kWh, le ménage aura droit à 3 certificats verts.⁷⁷

⁷⁶ Région de Bruxelles-Capitale, « Ordonnance relative à l'organisation du marché de l'électricité en Région de Bruxelles-Capitale. »

⁷⁷ Energiguide by Sibelga, « A combien de certificats verts ai-je droit ? »

9.1.1.4. Prix de l'électricité

Afin de connaître le montant de la facture annuelle d'électricité, nous avons utilisé les tarifs en vigueur dans les différentes régions, et ce pour les villes de Namur, Bruxelles-ville, et Anvers.⁷⁸

9.1.1.4.1. Wallonie – Namur

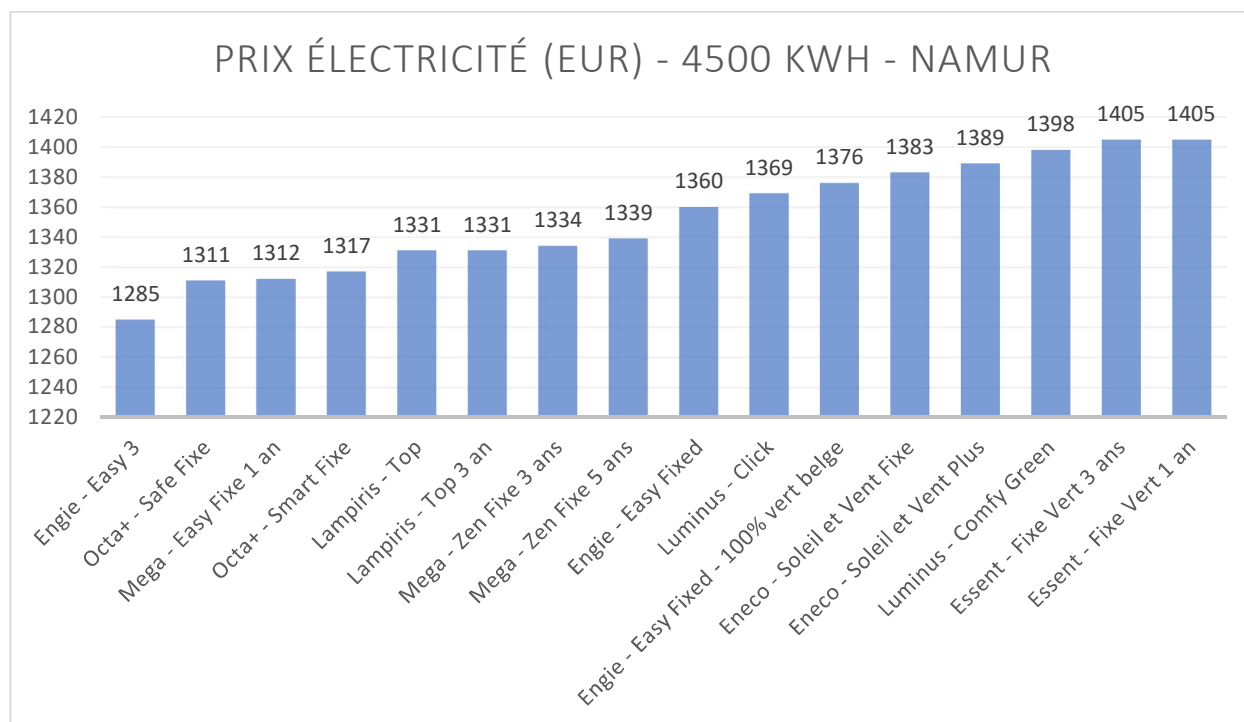


Figure 19 : Prix de l'électricité à Namur pour un ménage consommant 4500 kWh/an

Nous avons reporté ci-dessus tous les prix proposés par les fournisseurs d'électricité pour la consommation de notre ménage. Ici ces prix sont fixes, mais une tarification variable pourrait également être choisie.

La moyenne arithmétique nous donne une facture d'électricité moyenne à Namur de 1352 €, et donc 0.3004 €/kWh.

⁷⁸ Mon énergie, « Comparateur énergie | Comparez les prix des fournisseurs d'énergie en Belgique ».

9.1.1.4.2. Bruxelles

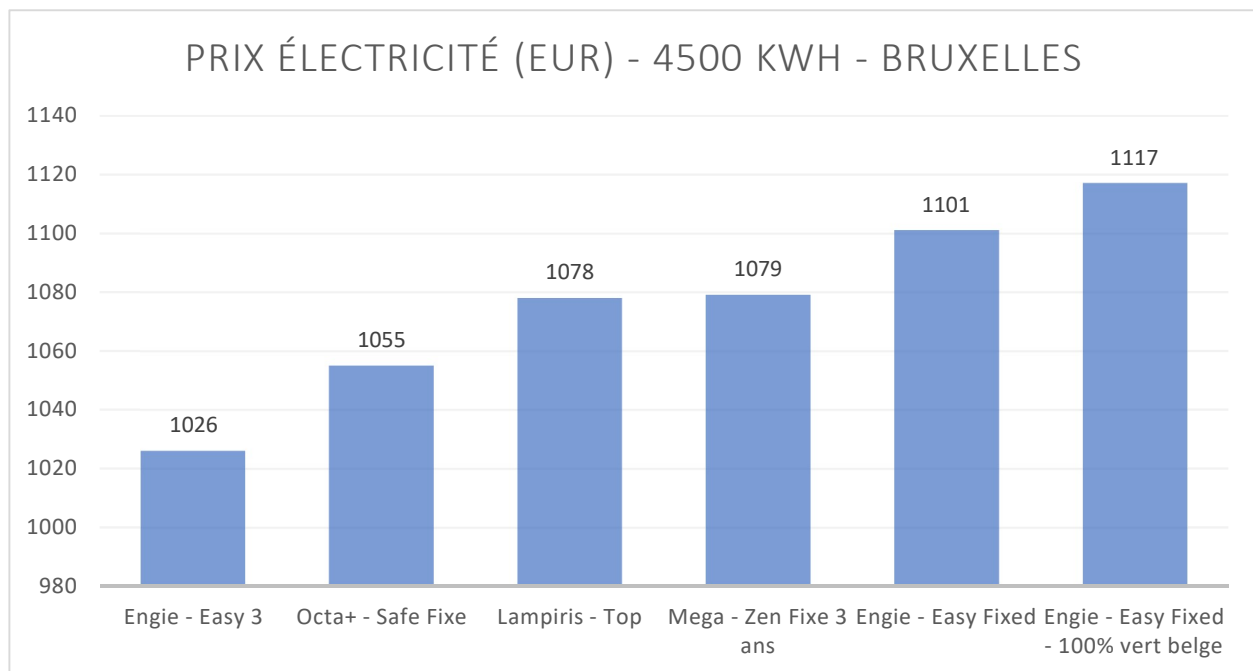


Figure 20 : Prix de l'électricité à Bruxelles pour un ménage consommant 4500 kWh/an

Nous remarquons que l'électricité est bien moins chère en région Bruxelloise qu'en Région wallonne. Pour cette région, nous avons obtenu une moyenne arithmétique de 1076 €, et donc 0.2391 €/kWh.

9.1.1.4.3. Flandre – Anvers

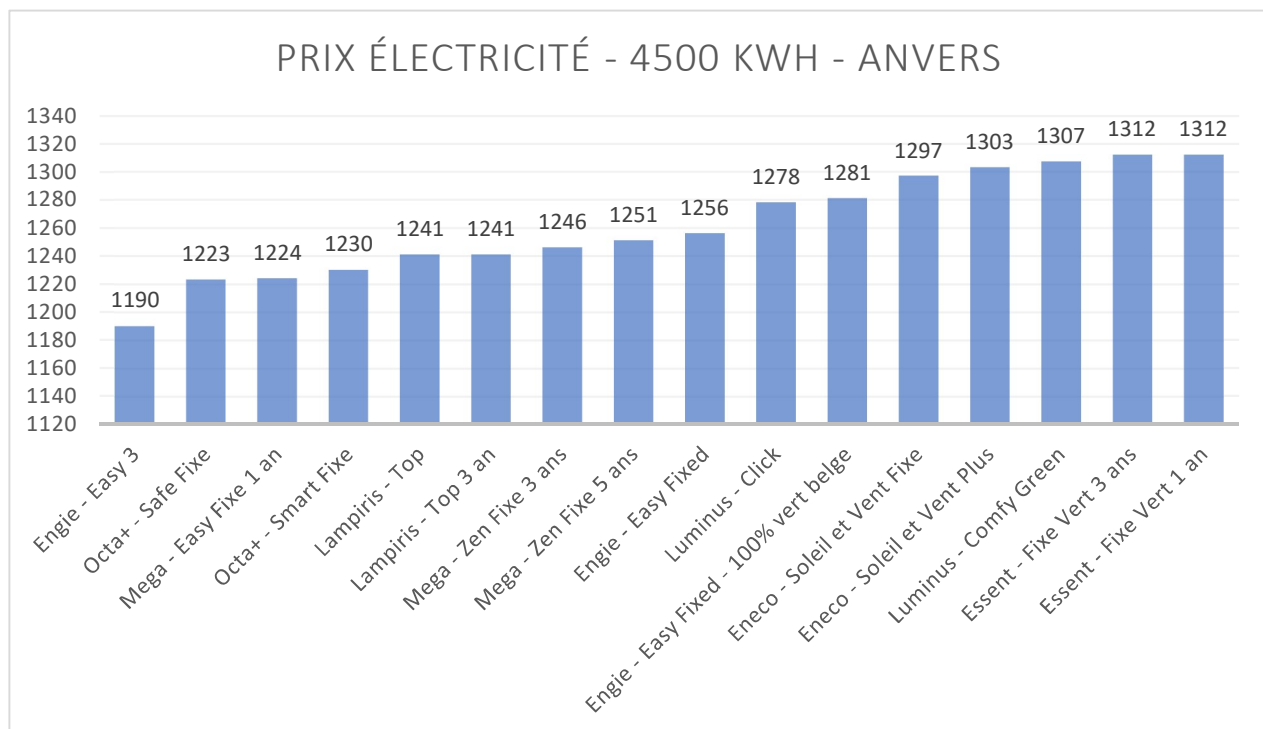


Figure 21 : Prix de l'électricité à Anvers pour un ménage consommant 4500 kWh/an

Le prix de l'électricité en Flandre est, en moyenne, de 1262 € pour 4500 kWh, et donc 0.2804/kWh.

9.1.1.5. Autoconsommation

Pour le propriétaire de panneaux photovoltaïques, le pourcentage d'électricité autoconsommée est un déterminant majeur de sa facture d'électricité. En effet, en utilisant sa propre production d'électricité verte, celui-ci ne doit pas, ou en une moindre mesure, puiser d'électricité sur le réseau.

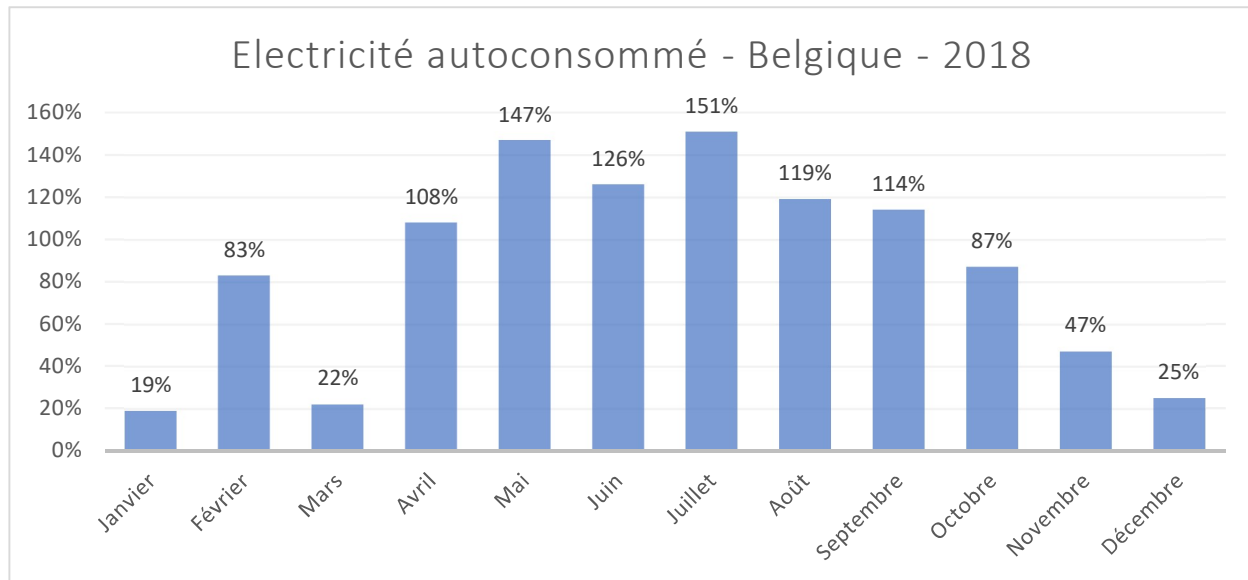


Figure 22 : Proportion d'électricité autoconsommée par les détenteurs de panneaux solaires en 2018

Le graphique ci-dessus nous montre le pourcentage d'électricité autoconsommée par les détenteurs de panneaux photovoltaïques durant l'année 2018. On remarque que ces statistiques sont fort élevées pour cette année. En cause, un ensoleillement exceptionnel en 2018.

Notre parc photovoltaïque a en outre, battu le record de productivité. Un constat qui devrait continuer à s'accroître. En effet, l'institut Royal de Météorologie enregistre une augmentation continue de l'irradiation solaire, et ce depuis une quarantaine d'années.⁷⁹

En temps normal, une année compte en moyenne 1545 heures d'ensoleillement, mais l'année 2018 en a compté 350 de plus, avec un temps total d'ensoleillement de 1900 heures.

Cependant, une année normale offre un ensoleillement relativement moins important. En moyenne, on estime qu'un ménage autoconsommé près de 30 % de sa production d'électricité verte.

« L'autoconsommation moyenne d'un ménage ayant installé une installation qui produit autant que sa consommation sur base annuelle est de 30 %. Cette même famille équipée d'une batterie de 7 kWh ou d'un système de gestion permettant un déplacement de charge pourra facilement monter à 60 % »⁸⁰.

La CWAPE pour sa part a calculé la part d'électricité autoconsommée et l'estime à 37,76 %, pourcentage que nous utiliserons pour nos calculs.⁸¹

⁷⁹ Sophie Delhaye, « Le photovoltaïque en 2018 : ensoleillement et productivité records ».

⁸⁰ Apere.org, « Pourcentage d'électricité autoconsommée ».

⁸¹ CWAPE, « Note explicative concernant le tarif « prosumer » / Erklärende Mitteilung zum Prosumer-Tarif ».

9.1.2. Région Bruxelloise

9.1.2.1. Hypothèse de travail

Afin de réaliser notre simulation concernant la rentabilité d'une installation photovoltaïque, nous aurons besoin de poser certaines hypothèses, reprises ci-dessous.

9.1.2.1.1. Financement de l'installation

Pour le financement de notre installation, nous avons posé l'hypothèse que le prêt nous serait octroyé moyennant un TAEG de 5 %. La somme à financer est ici de 6420 €. Le tableau ci-dessous reprend le tableau de remboursement de ce prêt.

CAPITAL À REMBOURSER	CHARGES D'INTERETS	REMBOURSEMENT DU CAPITAL	ANNUITÉS
6.420,00 €	321,00 €	1.284,00 €	1.605,00 €
5.136,00 €	256,80 €	1.284,00 €	1.540,80 €
3.852,00 €	192,60 €	1.284,00 €	1.476,60 €
2.568,00 €	128,40 €	1.284,00 €	1.412,40 €
1.284,00 €	64,20 €	1.284,00 €	1.348,20 €

Figure 23

9.1.2.1.2. Production / Consommation

- ⚡ Électricité produite : L'électricité produite, exprimée en kilowattheure fait référence à l'électricité produite durant la durée de vie économique de l'installation. Un coefficient de dépréciation y a été appliqué, car l'installation perd en performance au fil des ans. Ici, nous avons appliqué un coefficient de dépréciation de 0,5 %.
- ⚡ Électricité consommée : L'électricité consommée, exprimée en kilowattheure, fait référence au besoin énergétique du ménage. Ici, la consommation est constante au fil des ans.
- ⚡ Électricité autoconsommée : Cela représente la part d'électricité produite par le ménage et utilisée de façon synchrone par celui-ci.
- ⚡ Électricité réinjectée sur le réseau : L'électricité réinjectée sur le réseau, exprimée en kilowattheure, représente l'électricité que le ménage a produite, mais qui n'a pas été autoconsommée. Cette électricité produite, mais non consommée est alors réinjectée sur le réseau. Autrement dit, c'est la différence entre l'électricité produite et l'électricité auto-consommée.
- ⚡ Électricité prélevée sur le réseau : Cela représente l'électricité que le ménage prélève sur le réseau et qui lui est facturée au prix total de l'électricité (0.24 €/kWh pour la première année).

9.1.2.1.3. Prélèvement

- ⚡ Prix de l'électricité prélevée : Le prix de l'électricité produite, exprimé en €/kWh, a été calculé en utilisant la moyenne arithmétique du coût de tous les fournisseurs d'électricité bruxellois (cf. 9.1.1.4.2. . Un coefficient d'indexation y a été appliqué, et est ici de 2 %.
- ⚡ Facture d'électricité moyenne : La facture d'électricité est le produit entre ce qui a été prélevé sur le réseau, et le prix de l'électricité moyen par kilowattheure.

9.1.2.1.4. Certificats verts

Les certificats verts sont fournis dès que l'installation photovoltaïque a produit 1000 kWh, et sont délivrés en se basant sur un coefficient multiplicateur. Dans notre cas, le coefficient multiplicateur est de 3. La formule suivante a été appliquée :

$$\text{Nombre de certificats verts octroyés} = \frac{\text{Electricité produite en kWh}}{1000} * 3$$

Le prix de vente des certificats verts utilisés est ici de 65 €, prix minimum imposé par le gouvernement fédéral⁸². Ceux-ci sont octroyés durant 10 ans.

Il est à noter que des fournisseurs d'électricité rachètent des certificats verts à des prix supérieurs. A Bruxelles, Lampiris rachète les certificats verts au prix de 93,5€/CV⁸³.

9.1.2.1.5. Injection

Prix de vente pour l'électricité injectée : « L'électricité injectée sera achetée par les fournisseurs (ou d'éventuels agrégateurs) au prix de l'énergie pure (c.-à-d. hors tarifs réseau, taxes, etc.). Ce prix peut varier en fonction de l'évolution du marché et de la stratégie des acheteurs. »⁸⁴.

Afin de déterminer ce prix de vente, nous avons utilisé les calculs faits précédemment (cf. 5.2.5.), à savoir la part de la *commodity* dans la facture totale. Nous avons établi que 27 % de la facture d'électricité était relative à cette *commodity*.

Le prix moyen par kilowattheure était de 0.24 €. Ce prix est indexé au moyen du coefficient d'indexation.

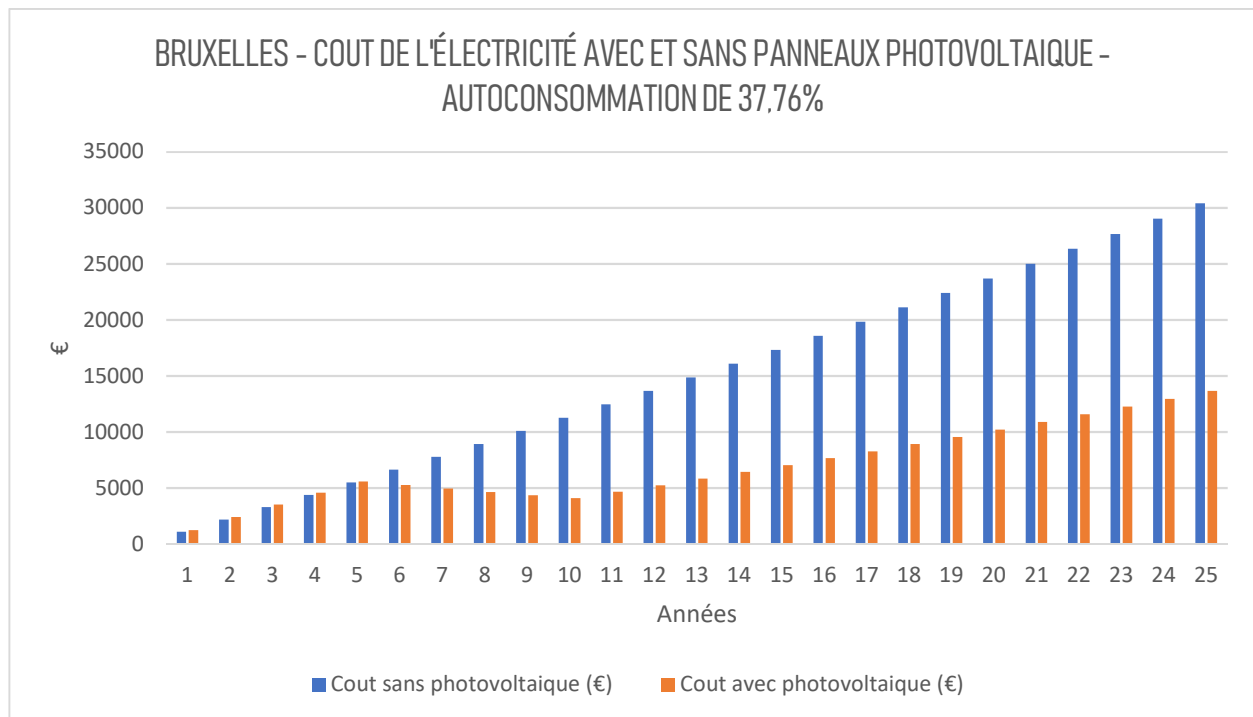
⁸² Région de Bruxelles-Capitale, « Ordonnance relative à l'organisation du marché de l'électricité en Région de Bruxelles-Capitale. »

⁸³ Lampiris, « Je souhaite vendre mes certificats verts à Lampiris. Comment procéder ? »

⁸⁴ Brugel, « Valorisation de l'électricité produite ».

9.1.2.2. Résultats obtenus

9.1.2.2.1. Autoconsommation : 37,76 %

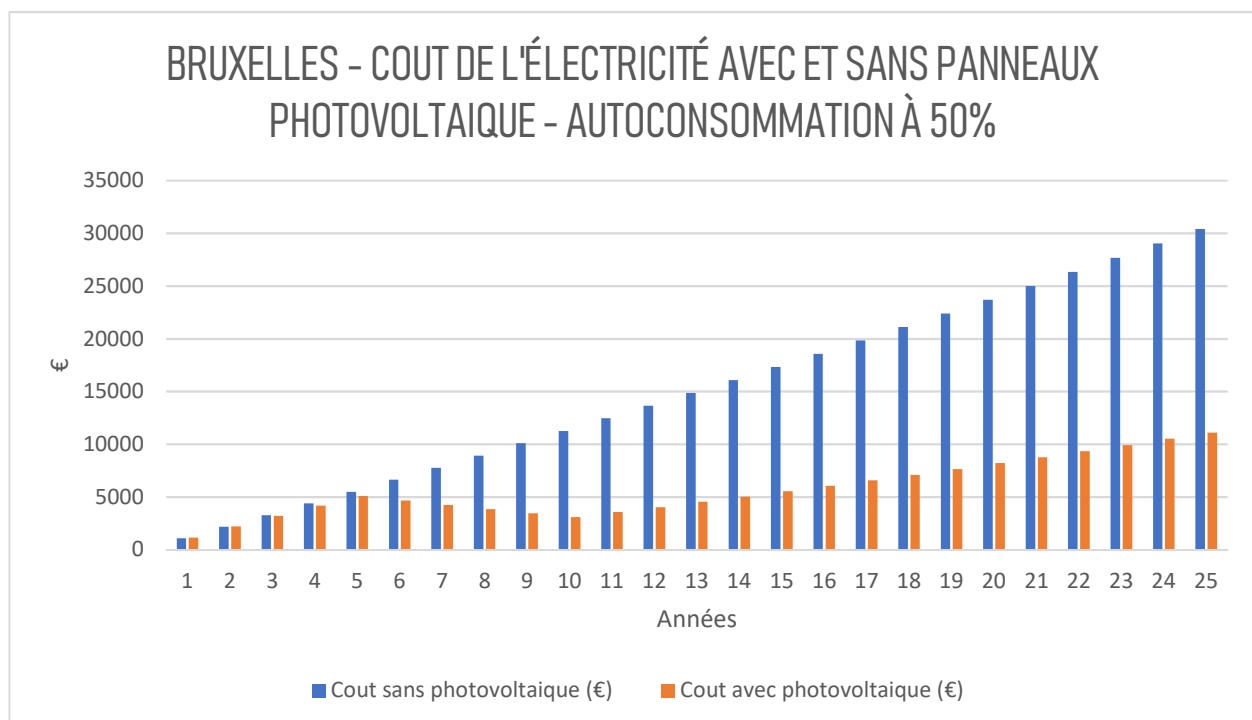
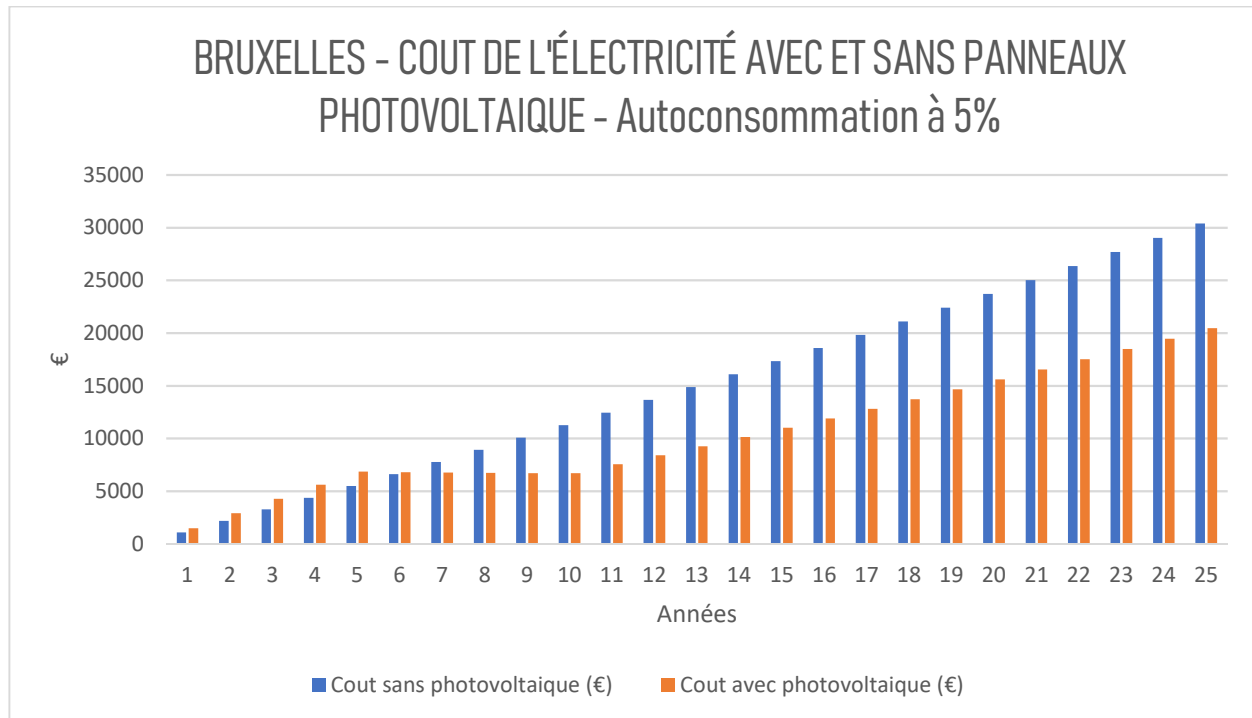


Nous pouvons remarquer sur le graphique le coût cumulé de l'électricité avec des panneaux photovoltaïques d'une part, et sans panneaux photovoltaïques d'autre part, à un taux d'autoconsommation de 37,76 %.

Nous pouvons constater sur le graphique que, en région Bruxelloise, l'installation de panneaux photovoltaïques reste très intéressante pour un ménage, et ce notamment grâce au mécanisme des certificats verts. Nous remarquons qu'une fois l'installation photovoltaïque payée, au bout de 5 années, les coûts cumulés diminuent. En effet, les certificats verts sont octroyés pour une durée de 10 ans, ce qui fait du mécanisme des certificats vert, un bon incitant à l'installation.

9.1.2.2.2. Autoconsommation à 5 % et 50 %

Afin de nous rendre compte de l'impact de l'autoconsommation sur la facture du Prosumer, nous avons modifié ces taux.



On remarque sur les deux graphiques ci-dessus que l'autoconsommation joue un rôle prépondérant sur la facture d'électricité. Au plus on autoconsomme sa propre électricité de façon synchrone, au plus notre facture d'électricité diminue.

Nous pouvons remarquer en outre que notre graphique décroît à partir de la cinquième année pour les détenteurs de panneaux photovoltaïques. L'explication réside dans le mécanisme des certificats verts et l'emprunt bancaire. En effet, à partir de la cinquième année, l'installation a totalement été financée, et Brugel octroie encore des certificats verts.

9.1.2.2.3. Économies réalisées

Voici les résultats synthétiques de notre simulation. Nous pouvons remarquer que les économies réalisées sont fonction de la part d'autoconsommation dans le chef du ménage.

AUTOCONSOMMATION : ÉCONOMIES RÉALISÉES SUR 25 ANS

5 %	9926 €
37.76 %	16739 €
50 %	19284 €
75 %	24483 €
100 %	29682 €

Les économies réalisables sur 25 ans peuvent aller du simple au triple. Ceci est principalement dû au fait que l'électricité produite mais non consommée est valorisée à 6 centimes par kilowattheure, alors que l'électricité prélevée est au prix du marché, à savoir 24 centimes actuellement.

9.1.3. Région wallonne

9.1.3.1. Hypothèse de travail

9.1.3.1.1. Financement

Le calcul du financement de l'installation est identique à celui fait précédemment pour la région Bruxelloise.

9.1.3.1.2. Production / Consommation

- ⚡ Électricité produite : L'électricité produite, exprimée en kilowattheure fait référence à l'électricité produite durant la durée de vie économique de l'installation. Un coefficient de dépréciation y a été appliqué, car l'installation perd en performance au fil des ans. Ici, nous avons appliqué un coefficient de dépréciation de 0,5 %.
- ⚡ Électricité consommée : L'électricité consommée, exprimée en kilowattheure, fait référence au besoin énergétique du ménage. Ici, la consommation est constante au fil des ans.
- ⚡ Électricité autoconsommée : Cela représente la part d'électricité produite par le ménage et utilisée de façon synchrone par celui-ci.
- ⚡ Électricité réinjectée sur le réseau : L'électricité réinjectée sur le réseau, exprimée en kilowattheure, représente l'électricité que le ménage a produite, mais qui n'a pas été autoconsommée. Cette électricité produite, mais non consommée est alors réinjectée sur le réseau. Autrement dit, c'est la différence entre l'électricité produite et l'électricité autoconsommée.
- ⚡ Électricité prélevée sur le réseau : Cela représente l'électricité que le ménage récupère du réseau, que le ménage a, à un autre moment, produit.
- ⚡ Électricité excédentaire prélevée non produite : Cela représente l'électricité que le ménage prélève sur le réseau sans l'avoir produite auparavant (facturé au prix total de l'électricité).

9.1.3.1.3. Redevance réseau

9.1.3.1.3.1. Base capacitaire

Si le Prosumer ne dispose pas d'un compteur double flux, le tarif Prosumer sur base capacitaire est d'application.

- ⚡ Tarif Prosumer : Le tarif Prosumer sur base capacitaire se calcul en prenant la puissance installée de l'installation, multipliée aux coûts de réseau propre à chaque Gestionnaire du réseau de distribution. Dans notre cas, nous avons une puissance installée de 5 kWc, et notre réseau est ORES Namur, appliquant ces frais :

	2020	2021	2022	2023
ORES NAMUR	87,41	88,16	88,5	88,21

9.1.3.1.3.2. Base proportionnelle

Si le Prosumer dispose d'un compteur double flux, le tarif sur base proportionnelle sera d'application.

- ⚡ Tarif de prélèvement de distribution : ce sont les coûts appliqués par les GRD lorsque le Prosumer prélève l'électricité produite, mais non consommée de façon synchrone.
- ⚡ Tarif de refacturation des coûts de transports : ce sont les couts appliqués par le gestionnaire du réseau haute-tension lorsque le Prosumer prélève de l'électricité produite, mais non consommée de façon synchrone.
- ⚡ Redevance réseau : c'est la somme des tarifs de prélèvement de distribution et de refacturation des coûts de transports, multiplié par l'électricité reprélevée sur le réseau.

Redevance réseau

$$\begin{aligned} &= (\text{Tarif de prélèvement de distribution} \\ &+ \text{tarif de refacturation des couts de transports}) \\ &* \text{électricité produite reprélevé du réseau.} \end{aligned}$$

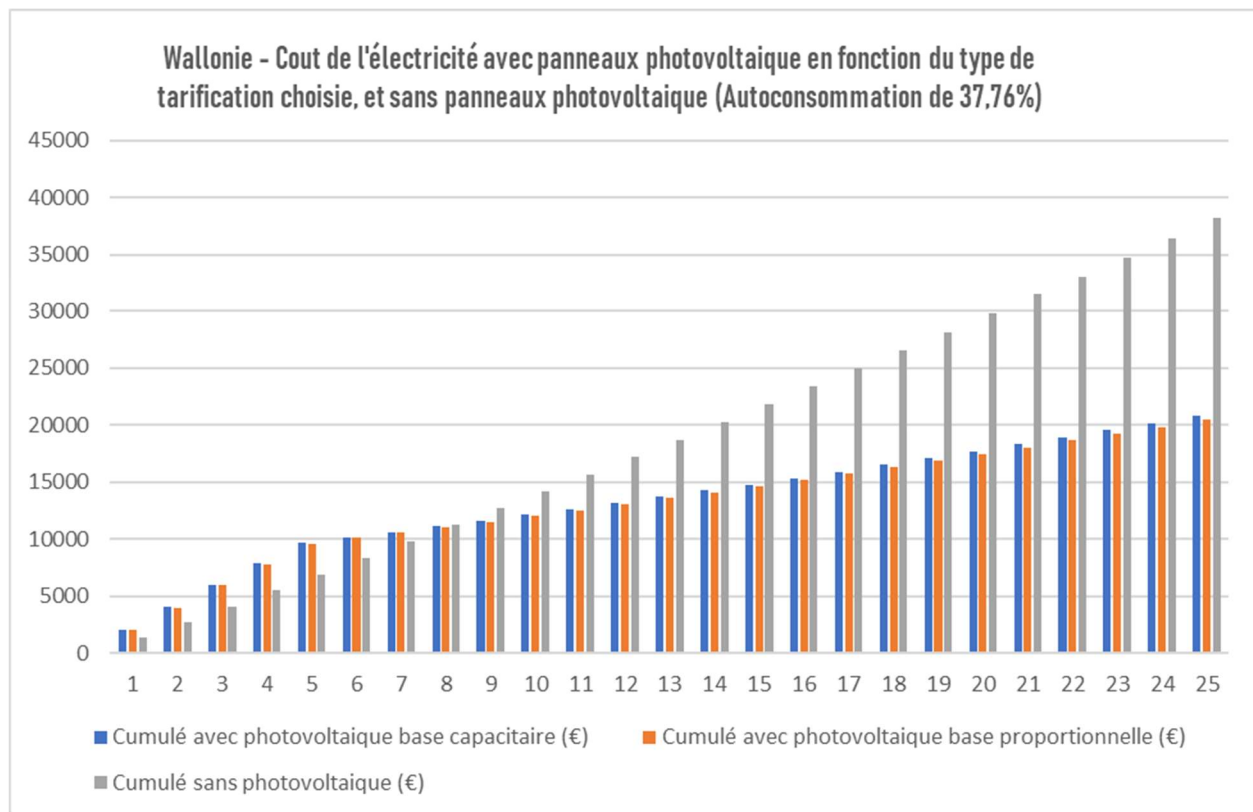
9.1.3.1.4. Électricité non produite, mais prélevée sur le réseau

Bien que l'installation soit pensée pour couvrir les besoins du ménage, celle-ci perd une partie de sa performance. Le ménage doit donc prélever sur le réseau de l'électricité, sans l'avoir produite auparavant.

- Coûts de l'électricité par kilowattheure : c'est le coût de l'électricité total d'application en Wallonie (à savoir 0.3004 €/kWh pour la première année).
- Coût de l'électricité non produite, mais prélevée sur le réseau : il s'agit du produit entre l'électricité excédentaire prélevée, mais non produite et le coût de l'électricité par kilowattheure.

9.1.3.2. Résultats obtenus

9.1.3.2.1. Autoconsommation : 37,78 %

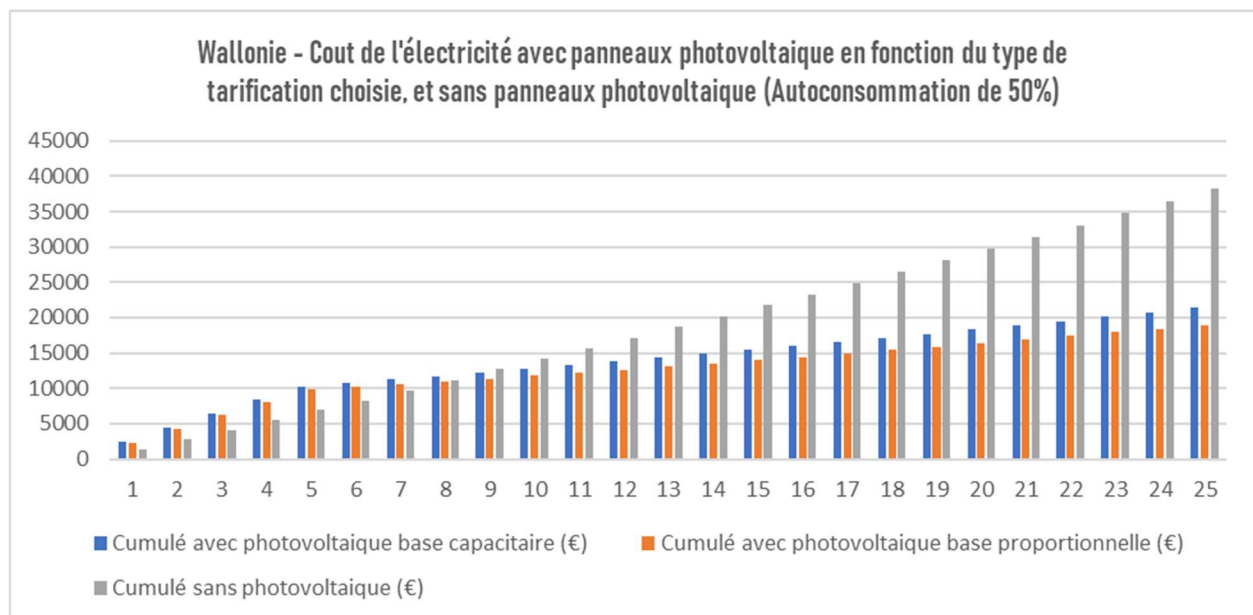
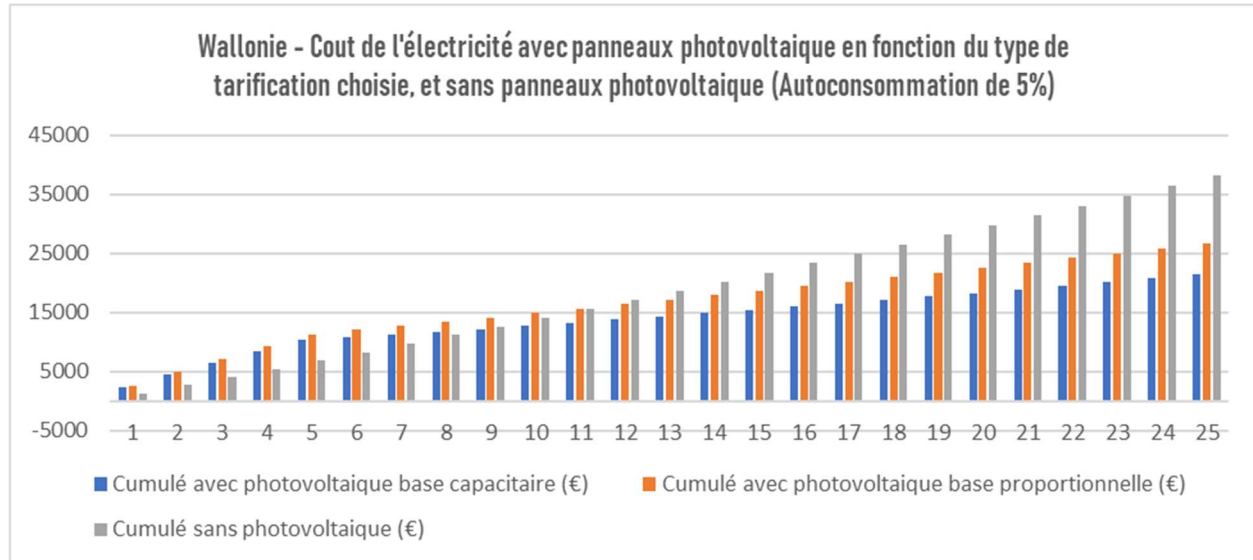


Le graphique ci-dessus illustre les coûts de l'électricité en Wallonie pour un ménage disposant de panneaux photovoltaïques avec une tarification sur base capacitaire ou une base proportionnelle, ou encore pour les ménages ne disposant pas de panneaux photovoltaïques.

Nous pouvons remarquer que la tarification sur base proportionnelle et la tarification sur base capacitaire sont sensiblement identiques. Cela étant dû au fait que les acteurs du marché énergétique wallon sont désireux de pousser les prosumers à autoconsommer un maximum. À ce niveau d'autoconsommation donc, les deux tarifs sont relativement identiques.

En outre, et quel que soit la tarification réseau choisie, une installation photovoltaïque demeure intéressante, et permet de réaliser des économies substantielles. Nous pouvons constater également que le seuil de rentabilité est atteint rapidement, au bout de 8 années.

9.1.3.2.2. Autoconsommation à 5 % et 50 %



Les deux graphiques ci-dessus permettent de mettre en évidence la différence de couts relative aux redevance réseau. Nous pouvons remarquer que lorsque le prosumer autoconsomme une faible partie de sa production, celui-ci aura tout intérêt à choisir une tarification capacitaire, et ne pas devoir se soucier de l'autoconsommation.

A contrario, un prosumer qui serait désireux de diminuer sa facture énergétique en autoconsommant une majeure partie de sa production, aura intérêt à privilégier la tarification sur base proportionnelle. Au plus celui-ci autoconsoimera sa production, au moins il payera de redevance sur base propotionnelle.

9.1.3.2.3. Economies réalisable

Nous pouvons remarquer que les économies réalisées sont fonction de la part d'autoconsommation dans le chef du ménage.

AUTOCONSOMMATION :	ÉCONOMIES BASE CAPACITAIRE	ÉCONOMIES BASE PROPORTIONNELLE
5 %	15 351 €	09 389 €
37.78 %	15 351 €	15 247 €
50 %	15 351 €	17 435 €
75 %	15 351 €	21 905 €
100 %	15 351 €	26 375 €

À la vue du tableau ci-dessus, il apparaît nettement que l'autoconsommation n'influence pas les économies réalisables en utilisant la tarification capacitaire. Cette tarification capacitaire est tout à fait adaptée à un ménage ne voulant pas se soucier de l'autoconsommation.

C'est également intéressant pour des ménages actifs, n'étant pas à domicile en journée lorsque les panneaux produisent le plus. Ces ménages actifs auraient du mal à modifier leurs profils de consommation, et il serait opportun pour eux de choisir cette méthode de tarification.

A contrario, en utilisant la base proportionnelle, le ménage peut réaliser des économies conséquentes en maximisant leurs autoconsommations. Cette tarification semble idéale pour des personnes restantes chez elle, et pouvant étaler leurs consommations tout au long de la journée, maximisant ainsi l'autoconsommation. Cela pourrait être le cas de personnes pensionnées par exemple, ou travaillant à domicile.

9.1.4. Région flamande

9.1.4.1. Hypothèse de travail

Afin de réaliser notre simulation concernant la rentabilité d'une installation photovoltaïque, nous aurons besoin de poser certaines hypothèses, reprises ci-dessous.

9.1.4.1.1. Financement

Le calcul du financement de l'installation est identique à celui fait précédemment pour la région Bruxelloise.

9.1.4.1.2. Production / Consommation

cf. 9.1.3.1.2.

9.1.4.1.2.1. Redevance réseau

À partir de l'année 2020, la Flandre mettra en place un nouveau système, utilisant les compteurs intelligents (cf. 9.1.1.3.1.1. Les 15 premières années utiliseront la méthode de tarification capacitaire, tandis que les suivantes utiliseront la tarification proportionnelle.

9.1.4.1.2.1.1. Base capacitaire (< 15 ans)

Si le Prosumer ne dispose pas d'un compteur intelligent, ou que celui-ci préfère utiliser le système de compensation, il devra payer le tarif Prosumer sur base capacitaire.

- ⚡ Tarif Prosumer : Le tarif Prosumer sur base capacitaire se calcul en prenant la puissance installée de l'installation, multipliée aux coûts de réseau propre à chaque Gestionnaire du réseau de distribution. Dans notre cas, nous avons une puissance installée de 5 kWc, et notre gestionnaire serait, par exemple, IVEG, appliquant des frais à hauteur de 98,63 €/kWc.

9.1.4.1.2.1.2. Base proportionnelle (> 15 ans)

Après avoir profité durant 15 ans du système de compensation, le Prosumer devra se munir d'un compteur intelligent et payer les frais réels d'utilisation du réseau.

- ⚡ Tarif de prélèvement de distribution : ce sont les couts appliqués par les GRD lorsque le Prosumer prélève l'électricité produite, mais non consommée de façon synchrone.
- ⚡ Tarif de refacturation des coûts de transports : ce sont les couts appliqués par le gestionnaire du réseau haute-tension lorsque le Prosumer prélève de l'électricité produite, mais non consommée de façon synchrone.
- ⚡ Redevance réseau : c'est la somme des tarifs de prélèvement de distribution et de refacturation des coûts de transports, multiplié par l'électricité reprélevée sur le réseau.

Redevance réseau

$$\begin{aligned} &= (\text{Tarif de prélèvement de distribution} \\ &+ \text{tarif de refacturation des couts de transports}) \\ &* \text{électricité produite reprélevé du réseau.} \end{aligned}$$

Pour le GRD Ores Namur, les tarifs de prélèvement et de distribution sont ceux-ci :

Année	Tarif HTVA	Tarif TVAC
2020	0,0761767	0,09217381
2021	0,0910639	0,11018732
2022	0,0915565	0,11078337
2023	0,0921664	0,11152134

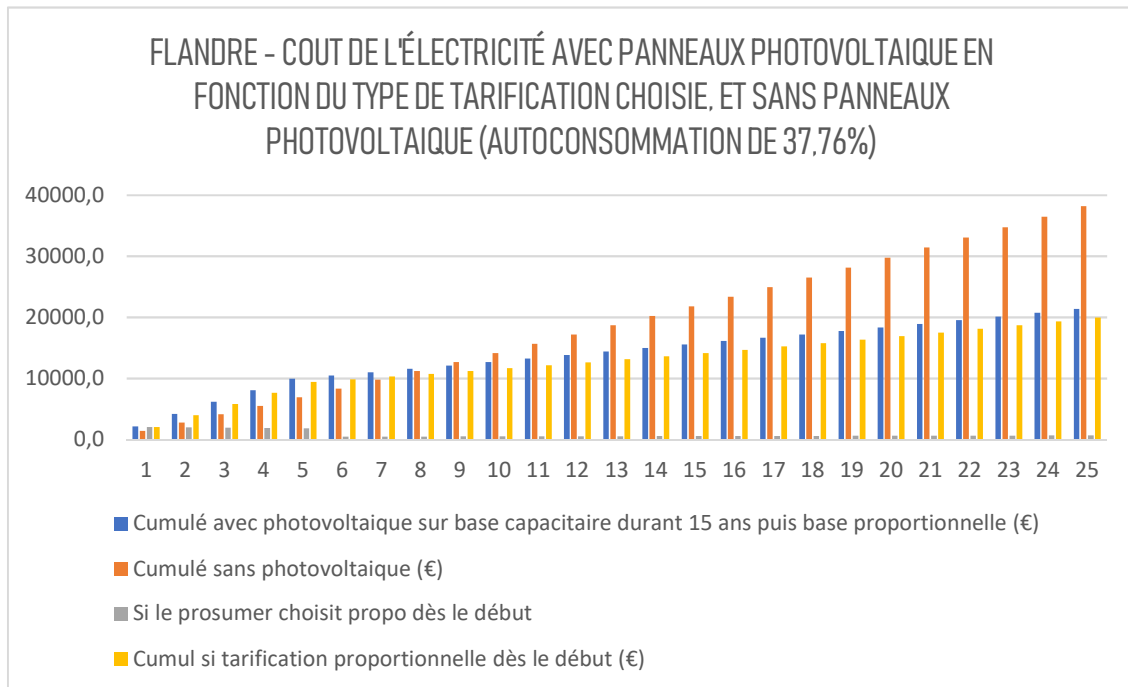
9.1.4.1.3. Électricité non produite, mais prélevée sur le réseau

Bien que l'installation soit pensée pour couvrir les besoins du ménage, celle-ci perd une partie de sa performance. Le ménage doit donc prélever sur le réseau de l'électricité, sans l'avoir produite auparavant.

- Coûts de l'électricité par kilowattheure : c'est le coût de l'électricité total d'application en Wallonie (à savoir 0.3004 €/kWh pour la première année).
- Coût de l'électricité non produite, mais prélevée sur le réseau : il s'agit du produit entre l'électricité excédentaire prélevée, mais non produite et le coût de l'électricité par kilowattheure.

9.1.4.2. Résultats obtenus

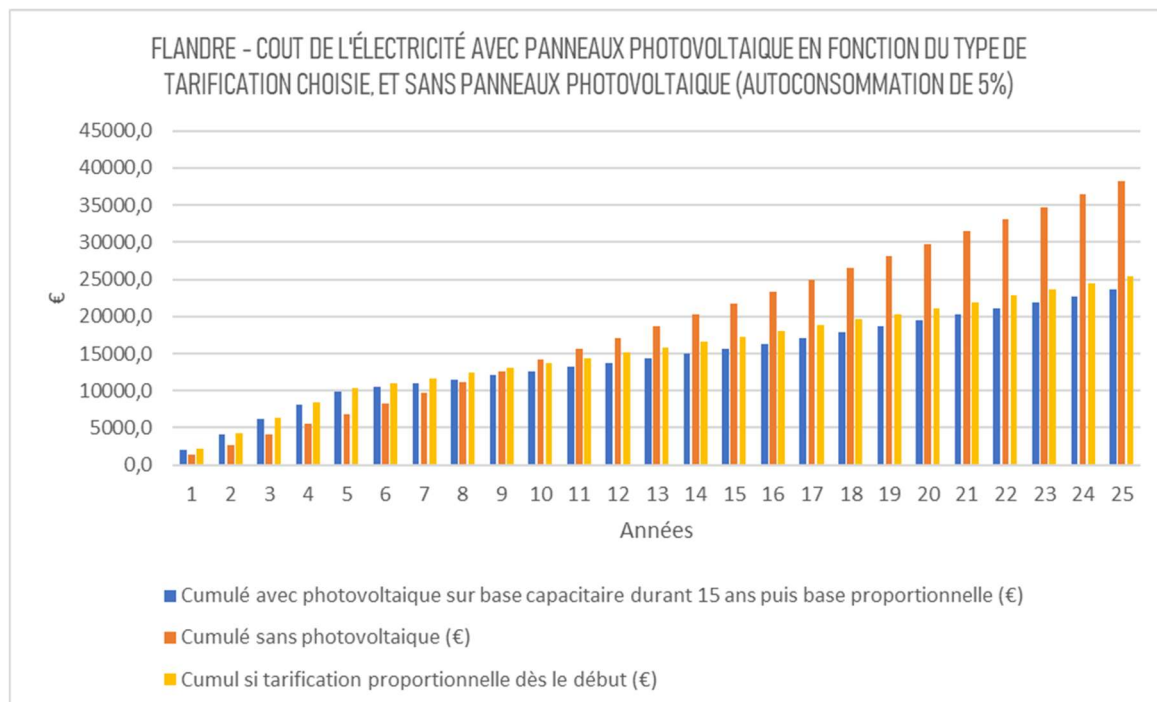
9.1.4.2.1. Autoconsommation : 37,76 %

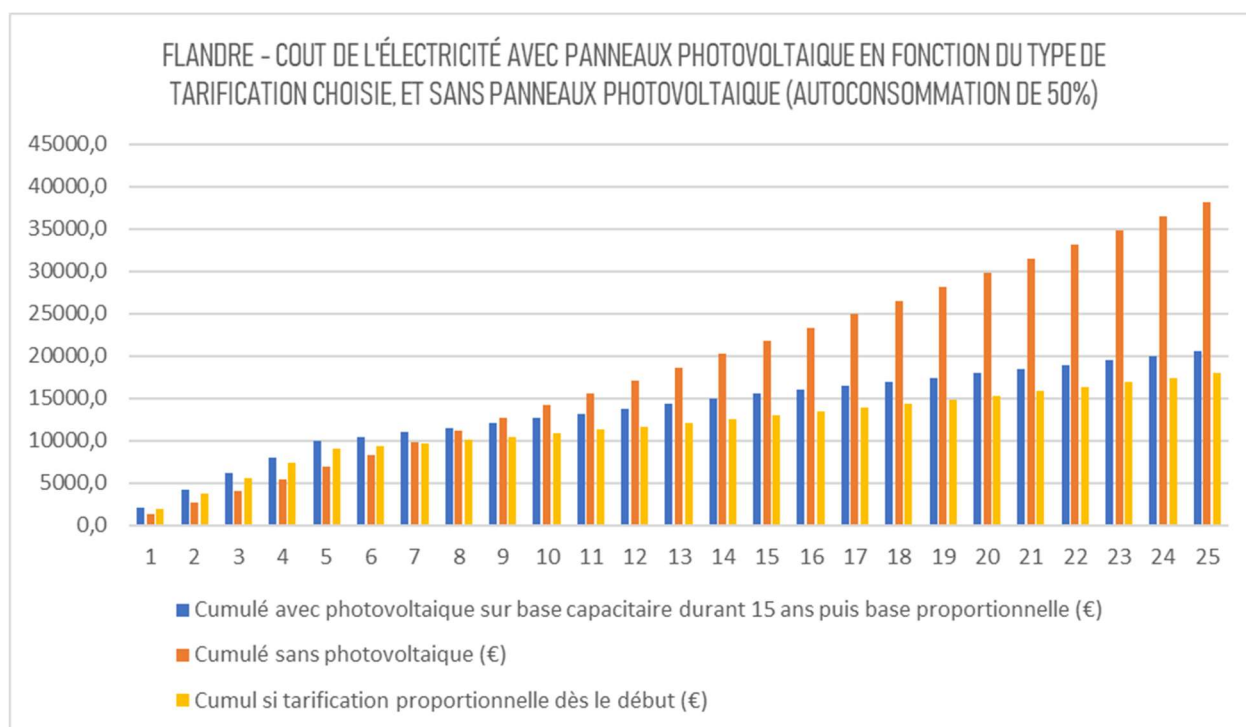


Le graphique ci-dessus nous montre représente l'intérêt des panneaux photovoltaïques en Région flamande. Il apparaît qu'il est encore rentable d'installer des panneaux photovoltaïques, malgré la législation changeante.

9.1.4.2.2. Autoconsommation à 5 % et 50 %

Nous pouvons ici remarquer qu'une moindre autoconsommation ne modifie pas de façon significative la facture d'électricité au bout de 25 années.





Le graphique ci-dessus nous présente que l'autoconsommation joue un rôle important dans la facture totale d'électricité. Cela nous montre également que le choix de tarification doit être réfléchi dès le début, en analysant son profil de consommateur.

9.1.4.2.3. Économies réalisées

AUTOCONSOMMATION :	ÉCONOMIES SI BASE CAPACITAIRE 15 ANS PUIS PROPORTIONNELLES	ÉCONOMIES BASE PROPORTIONNELLE
5 %	14575 €	12852 €
37.76 %	16796 €	18218 €
50 %	17626 €	20223 €
75 %	19320 €	24317 €
100 %	21015 €	28412 €

Il apparaît, tout comme en Wallonie ou à Bruxelles, que la part d'autoconsommation joue un rôle prédominant dans la facture d'électricité.

Un ménage a donc tout intérêt à choisir la meilleure tarification en fonction de son profil énergétique. Si le ménage utilise sa production de façon synchrone à moins de 37,76 %, alors il est préférable de profiter des 15 années de compensation et de la base capacitaire. A contrario, un ménage consommant plus de 37,76 % aura intérêt à opter pour la tarification sur base proportionnelle, et ce dès le début.

9.1.5. Synthèse et conclusion de l'étude de rentabilité des panneaux photovoltaïques

Cette étude a permis d'aborder de nombreux aspects des installations photovoltaïques et des leçons ont pu être tirées. Nous pouvons conclure que les installations photovoltaïques permettent à leurs propriétaires d'augmenter leurs indépendances énergétiques, et de faire diminuer leurs factures d'électricité. Les économies réalisables et le seuil de rentabilité atteint rapidement nous prouvent que les installations photovoltaïques installées chez un particulier dans l'une ou l'autre région belge sont économiquement pertinentes.

Cependant, la rentabilité de ce type de projet est fonction de différent paramètre, ceux-ci sont :

- La part d'électricité autoconsommée : avec une autoconsommation élevée, le particulier diminue sa dépendance énergétique, et ne paye que les frais de réseaux relatifs à ce qu'il a prélevé sur le réseau, ou en d'autres termes, ce qu'il n'a pas autoconsommé.
- Le choix de la base tarifaire pour la redevance réseau : en fonction de son profil de consommation, et en fonction de ce que le particulier pense autoconsommé, celui-ci devra choisir la base tarifaire la plus opportune.
- La durée du financement du projet : dans notre simulation, nous avons supposé que le ménage eût recours à l'emprunt bancaire, augmentant les coûts du projet photovoltaïque. En réalité, il est possible d'augmenter les économies réalisables, ceci en diminuant le capital emprunté, ou en diminuant la durée de financement.
- La puissance de l'installation photovoltaïque : les panneaux choisis pour l'exemple ont une puissance moyenne. D'autres panneaux plus performants, et de ce fait plus onéreux permettent d'atteindre une performance plus élevée.
- L'installation, ou non, d'une batterie domestique : une batterie domestique permet de stocker l'électricité excédentaire produite par les panneaux photovoltaïques en journée, qui serait normalement réinjectée sur le réseau, et de l'utiliser lorsque l'installation photovoltaïque ne produit plus d'électricité.
- Le type d'installation : en fonction que les panneaux soient installés sur un toit en pente, sur un toit plat, ou au sol, et de l'orientation du toit (Nord, sur, est ou ouest), l'installation aura des rendements différents. L'inclinaison du toit est également à prendre en compte. Il existe également des *suiveurs solaires*, permettant de suivre le mouvement du soleil.
- L'année de construction du bâtiment : si le bâtiment a été construit il y a moins de 10 ans, alors la TVA qui sera d'application sur l'installation des PV sera de 21%. La TVA sera, a contrario, de 6%.

C'est en région bruxelloise que les économies réalisables sont les plus conséquentes, et cela étant dus au mécanisme des certificats verts encore d'application à Bruxelles octroyé pour une durée de 10 ans. Pour ce qu'il en est de la Wallonie et de la Flandre, les économies réalisables sont relativement similaires.

Aussi, ces installations sont toujours rentables après 25 ans, malgré une légère perte de performance. Chaque année supplémentaire est donc profitable pour le particulier.

9.2. Une pompe à chaleur

9.2.1. Acquisition de la pompe à chaleur

Il existe de nombreux types de pompe à chaleur, ceux-ci ayant chacun des caractéristiques et des rendements variables.

Le tableau ci-dessous reprend les prix moyens pour les différentes installations⁸⁵ :

TYPE DE POMPE À CHALEUR	PRIX INDICATIF (INSTALLATION ET TVA COMPRISES)
Pompe à chaleur air-air	8 750 – 9 400 €
Pompe à chaleur air-eau	9 400 – 10 500 €
Pompe à chaleur sol-eau	11 250 – 13 750 €

Figure 24: Prix indicatif pour l'installation d'une pompe à chaleur, en fonction du type de celle-ci

Pour cette simulation, nous opterons pour une pompe à chaleur de type air-eau, la plus performante qui soit.

« La pompe à chaleur air-eau extrait la chaleur de l'air et l'utilise pour chauffer l'habitation, via un circuit d'eau. Ce système peut convenir à merveille pour un système de chauffage au sol. »⁸⁶

La performance d'une pompe à chaleur se mesure avec le COP, qui est un rapport entre l'énergie fournie par la pompe, et l'électricité nécessaire pour effectuer le pompage. Avec un COP de 5, notre installation fournira 5 kWh d'électricité lorsqu'elle en consommera 1 kWh pour son fonctionnement.

En moyenne, pour une installation de type air-eau en Belgique, nous pouvons attendre un COP réel de 2,8.⁸⁷

9.2.2. Économie de chauffage

Nous allons premièrement calculer les économies réalisables en termes de kilowattheure. Nous allons calculer en quelque sorte la quantité d'énergie que l'on puise gratuitement à l'extérieur du bâtiment afin d'obtenir un rapport de performance.

Notre pompe à chaleur nous permet de puiser 2,8 kWh lorsqu'elle en a besoin d'un pour fonctionner, ce qui nous permet de réaliser une économie de 1,8 kWh, soit une économie d'énergie de 64 %.

Il a été calculé que si l'on se chauffe uniquement à l'électricité, on consomme annuellement 110 kWh par m².⁸⁸ Une maison de 80 m² aura donc besoin de 8.800 kWh d'électricité pour se chauffer.

Si cette maison dispose d'une pompe à chaleur, elle n'aura plus besoin que de 3.142 kWh d'électricité pour se chauffer.

9.2.3. Primes

Le tableau ci-dessous reprend les différentes primes octroyées dans les 3 grandes régions.

Wallonie ⁸⁹	1.500 €
Bruxelles ⁹⁰	4.750 €
Flandre ⁹¹	1.500 €

⁸⁵ Chauffage info, « Pompe à chaleur : Types de PAC, prix et primes 2019 ».

⁸⁶ Daikin, « La pompe à chaleur air-eau ».

⁸⁷ Bati-energie, « Comparaison du rendement de différents types de pompes à chaleur ».

⁸⁸ Selectra, « Consommation moyenne d'électricité d'un logement au tout-électrique ».

⁸⁹ SPW Energie, « Installation d'une pompe à chaleur (PAC) pour le chauffage ou combinée ».

⁹⁰ Bruxelles Environnement, « Pompe à chaleur - Chauffage ».

⁹¹ Vlaamse Overheid, « Premie van de netbeheerder voor een warmtepomp ».

9.2.4. Résultats

En utilisant le prix de l'électricité au kilowattheure que nous avons calculé précédemment (cf. 9.1.1.4.), nous obtenons ces résultats. Nous avons cependant posé comme hypothèse que le ménage se chauffait auparavant à l'électricité. Si tel n'était pas le cas, nous aurions dû substituer le prix de l'énergie habituel (mazout ou gaz naturel) aux prix de l'électricité.

9.2.4.1. Wallonie

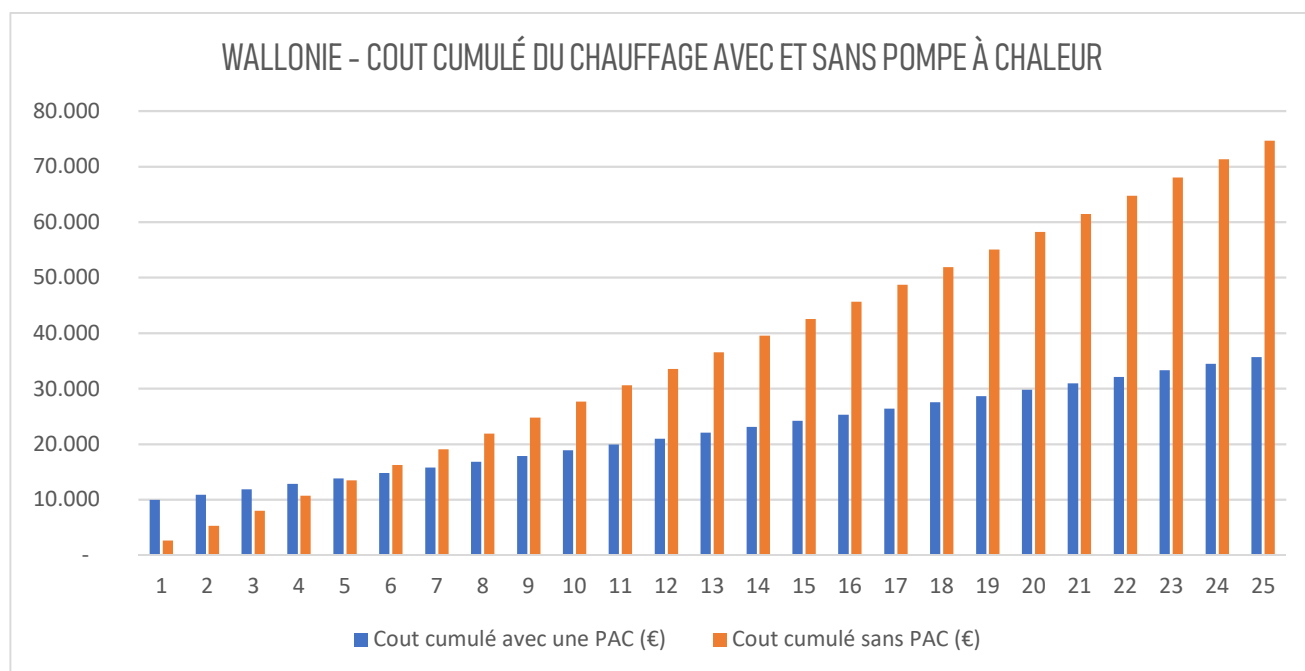
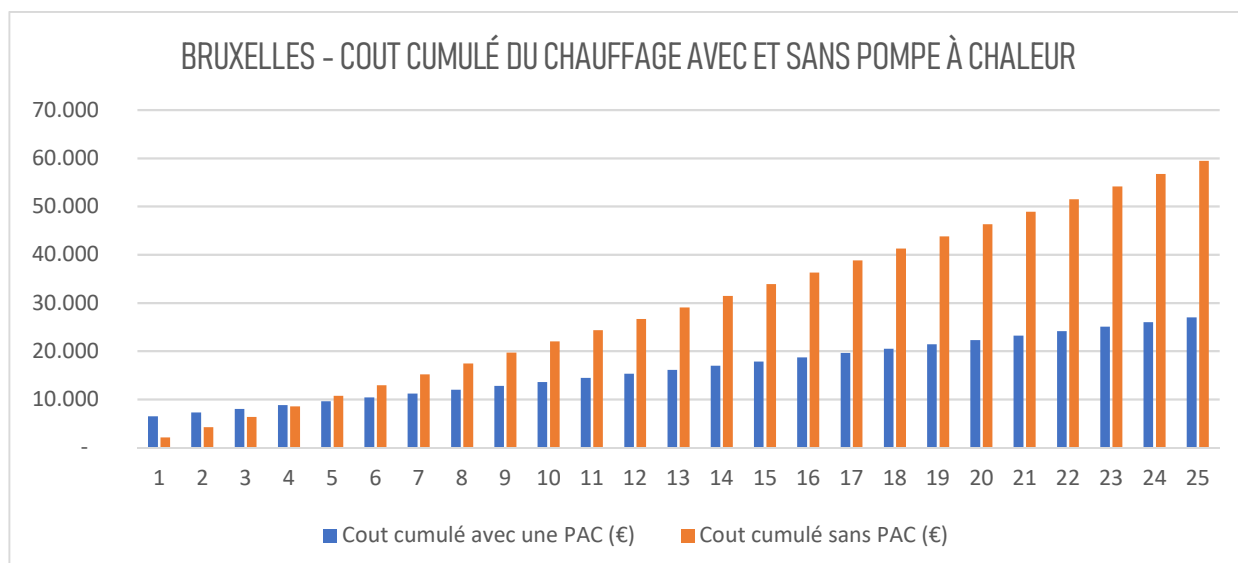


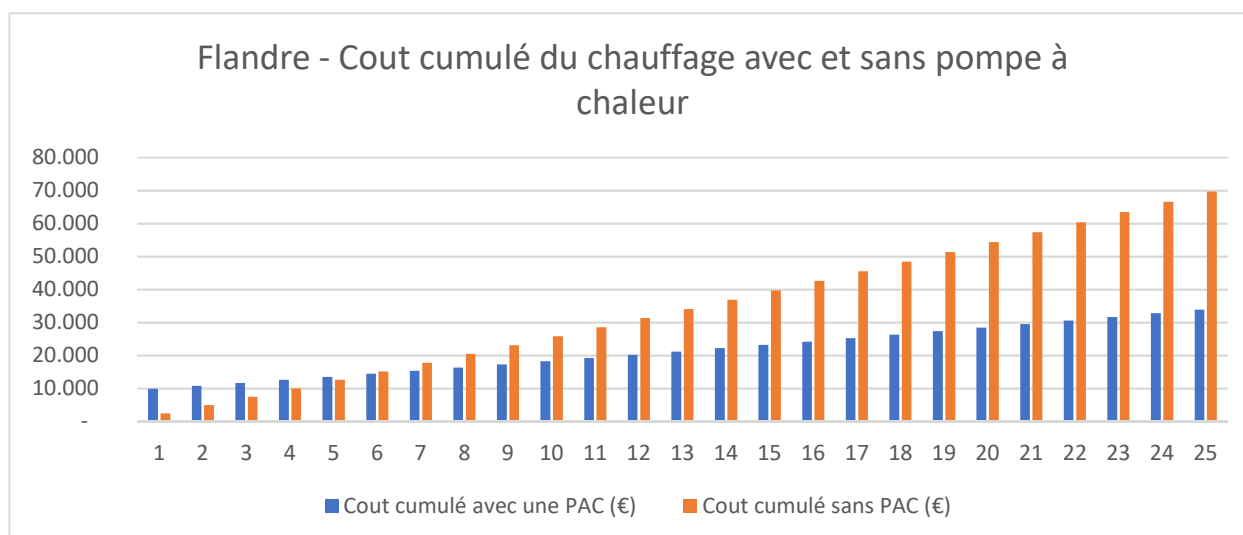
Figure 25: Graphique synthétique des coûts cumulés du prix de chauffage avec et sans pompe à chaleur en Wallonie

Comme le montre le graphique ci-dessus, des économies conséquentes peuvent être réalisées en optant pour une pompe à chaleur. Il est à noter que le COP que nous avons utilisé dans notre calcul est relativement faible (2,8), hors de nombreux fabricants de pompe à chaleur nous promettent des rendements bien plus impressionnants, pouvant aller jusqu'à 5.

9.2.4.2. Bruxelles



9.2.4.3. Flandre



9.2.5. Tableau synthétique des résultats

Le tableau suivant présente les économies réalisables en matière de chauffage, en acquérant une pompe à chaleur, et ce dans les différentes régions. Nous remarquons que c'est à Bruxelles que l'économie est la plus intéressante, en raison notamment de la prime plus élevée que dans les autres régions.

	Atteinte SR	Coût sans PAC	Coût avec PAC	Économies totales
Wallonie	6	74672,51	35668,75	52%
Bruxelles	5	59428,71	26974,54	55%
Flandre	6	69732,77	33904,56	51%

Figure 26 : Tableau synthétique de l'économie réalisable par l'acquisition d'une pompe à chaleur, dans les différentes régions.

10. Conclusion

Ce mémoire avait pour ambition, face aux enjeux climatiques et énergétiques, de mesurer la rentabilité d'une installation productrice d'électricité verte, installée dans chacune des régions belges.

Il a fallu dans un premier temps analyser le paysage énergétique belge pour comprendre l'origine de ces enjeux, et l'intérêt d'implanter une installation de ce type. Aussi, il était pertinent de s'intéresser aux technologies de production d'électricité afin d'identifier celles qui sont les plus abordables pour un particulier, et les plus rentables du point de vue financier.

Deux technologies ont été mises en exergue, à savoir l'énergie solaire au moyen des panneaux photovoltaïques, et l'énergie issue de l'environnement immédiat de l'habitation, captée au moyen des pompes à chaleurs.

Il convenait alors de s'intéresser à la pose d'une installation photovoltaïque dont les mécanismes en fonction des régions étaient fort différents, notamment en ce qui concernait la redevance réseau mise en place afin de faire participer les détenteurs de ces installations pour leurs utilisations réelles du réseau électrique. Cette première analyse a permis de comprendre les différents mécanismes de soutien à cette installation, à l'instar des mécanismes de compensation et de redevances réseau.

Nous nous sommes ensuite intéressés à l'installation d'une pompe à chaleur de type air-eau, puisant son énergie dans l'environnement immédiat de l'habitation, et ce afin de répondre au besoin de chauffage du ménage.

L'analyse de rentabilité qui a été menée met en évidence l'opportunité économique qui réside dans une telle installation. En dépit des redevances réseaux mises en place dans les différentes régions, et malgré l'abandon de mécanisme de soutien prenant la forme de primes ou de certificats verts, il apparaît que ce type d'installation présente une rentabilité très intéressante, avec un seuil de rentabilité atteint de manière générale après 7 ans, tandis que l'installation a une durée de vie bien plus importante, comprise entre 25 et 40 ans.

Le constat est le même pour les pompes à chaleurs, à savoir l'atteinte du seuil de rentabilité au bout de six ans, ainsi qu'un coût pour se chauffer allant du simple au double.

Avec les panneaux photovoltaïques qui fleurissent sur les toits des habitations de certains quartiers, le flux d'électricité injecté sur le réseau risque de provoquer des surtensions lors des périodes de fort ensoleillement. De ce fait, le réseau va devoir s'adapter, au moyen de nouvelles technologies, telles qu'un réseau intelligent favorisant la circulation d'information entre producteur et consommateurs, afin d'ajuster le flux de courant sur le réseau.

Ce travail de mémoire avait pour ambition d'analyser la rentabilité de ce type d'installation sur une base comptable, mais dans cette perspective, il pourrait être intéressant de procéder à une analyse du réseau électrique afin d'identifier ses limites intrinsèques.

11. Bibliographie

- Apere.org. « Pourcentage d'électricité autoconsommée », s. d. Consulté le 13 mai 2019.
- Association pour la Promotion des Energies Renouvelables (APERe). « Observatoire éolien », s. d. <https://www.apere.org/fr/observatoire-eolien>.
- . « Observatoire hydroélectricité », s. d. <http://www.apere.org/fr/observatoire-hydroelectricite>.
- Bati-energie. « Comparaison du rendement de différents types de pompes à chaleur ». Bati-energie. Consulté le 28 mai 2019. <https://www.bati-energie.be/fr/blog/post/rendement-pompe-a-chaleur>.
- Berns, Dominique, et Frédéric Thérin. « Dossier : Les communes gardent un oeil sur le compteur ». *Le Soir*, 10 septembre 1999. https://www.lesoir.be/art/les-communes-gardent-un-oeil-sur-le-compteur-dossier-da_t-19990910-Z0H7PZ.html.
- Bobex.be, et Guide-Panneaux-Photovoltaïques.be. « Historique des panneaux solaires », s. d. <https://www.guide-panneaux-photovoltaïques.be/panneaux-photovoltaïques/historique-des-panneaux-solaires/#anchor2>.
- Brugel. « Certification d'une installation ». Brugel.brussels. Consulté le 9 mai 2019. https://www.brugel.brussels/acces_rapide/energies-renouvelables-11/certification-dune-installation-34.
- . « Information sur la fin de la compensation à Bruxelles ». Brugel.brussels. Consulté le 9 mai 2019. <https://www.brugel.brussels/actualites/information-sur-la-fin-de-la-compensation-a-bruxelles-267>.
- . « Mécanisme des certificats verts ». Brugel.brussels. Consulté le 9 mai 2019. https://www.brugel.brussels/acces_rapide/energies-renouvelables-11/mecanisme-des-certificats-verts-35.
- . « Valorisation de l'électricité produite ». Consulté le 21 mai 2019. https://www.brugel.brussels/acces_rapide/energies-renouvelables-11/valorisation-de-lelectricite-produite-39.
- Bruxelles Environnement. « Pompe à chaleur - Chauffage ». Bruxelles Environnement. Consulté le 28 mai 2019. <https://environnement.brussels/thematiques/batiment/primes-et-incitants/les-primes-energie-en-2019/primes-c-chaleur/pompe-chaleur>.
- Bureau Fédéral du Plan. « Énergie, électricité et émissions : les calculs du Bureau fédéral du Plan ». Consulté le 30 mai 2019. <https://www.plan.be/press/communiqu-1732-fr-energie+electricite+et+emissions+les+calculs+du+bureau+federal+du+plan>.
- . « Perspectives énergétiques à l'horizon 2050 (édition d'octobre 2017) - Annexe statistique ». Plan. Consulté le 30 mai 2019. <https://www.plan.be/databases/data-36-fr-perspectives+energetiques+a+l+horizon+2050+edition+d+octobre+2017+annexe+statistique>.
- Cadastre.be. « Ce qui influence le calcul du revenu cadastral ». Cadastre.be, s. d. https://www.cadastre.be/Cadastre/Ce_qui_influence_le_calcul_du_revenu_cadastral__.
- Callmepower.be. « La Société productrice d'électricité (SPE) ». Callmepower.be. Consulté le 8 mai 2019. <https://callmepower.be/fr/energie/fournisseurs/spe>.
- Chauffage info. « Pompe à chaleur : Types de PAC, prix et primes 2019 ». Consulté le 24 mai 2019. <https://www.chauffage-info.be/pompe-a-chaleur>.
- « Commodity: a substance or product that can be traded, bought, or sold ». In *Cambridge Dictionary*, s. d. <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/commodity>.
- CREG. « Etude sur les composantes des prix de l'électricité et du gaz naturel », 29 mars 2018.
- . « Prix de l'électricité et du gaz naturel en Belgique, dans les 3 régions et dans les pays voisins », 11 janvier 2019. <https://www.creg.be/sites/default/files/assets/Prices/tableaudebord.pdf>.
- CWaPE. « Le compteur exclusif nuit ne fonctionne que pendant la nuit et permet d'alimenter les appareils de chauffage électrique à accumulation ou chauffe-eau alimentés uniquement en période nocturne », s. d.
- . « Marché des CV - Statistiques prix », s. d. <https://www.cwape.be/?dir=3.4.11>.
- . « Note explicative concernant le tarif « prosumer » / Erklärende Mitteilung zum Prosumer-Tarif ». Consulté le 13 mai 2019. <https://www.cwape.be/?dir=7&news=689>.
- . « Surcharges en électricité applicables au 1er janvier 2019 ». Consulté le 9 avril 2019. <https://www.cwape.be/docs/?doc=3949>.
- Daikin. « La pompe à chaleur air-eau ». Daikin. Consulté le 28 mai 2019. https://www.daikin.be/fr_be/pompesachaleur/produits/air-eau.html.

- Deloitte. « Benchmarking study of electricity prices between Belgium and neighboring countries ». Deloitte, 2019.
http://www.febeliec.be/data/1553509501Report%20Benchmarking%20study%20electricity%202019_FINAL.pdf.
- Elia. « Réserve stratégique », s. d. <http://www.elia.be/fr/produits-et-services/Reserve-strategique>.
- Energie Facteur 4. « Le photovoltaïque : combien ça coûte ? », s. d. <http://www.ef4.be/fr/pv/certificats-verts/photovoltaïque-combien-ca-coute.html>.
- . « Systèmes photovoltaïques », s. d. <http://www.ef4.be/fr/archives/energies-renouvelables/solaire-photovoltaïque/systemes-pv.html>.
- Energuguide by Sibelga. « A combien de certificats verts ai-je droit ? » Consulté le 13 mai 2019. <https://www.energuguide.be/fr/questions-reponses/a-combien-de-certificats-verts-ai-je-droit/33/>.
- . « D'où viennent l'électricité et le gaz que l'on consomme en Belgique ? », s. d. <https://www.energuguide.be/fr/questions-reponses/dou-viennent-lelectricite-et-le-gaz-que-lon-consomme-en-belgique/4/>.
- . « Qu'est-ce que la cogénération ? », s. d. <https://www.energuguide.be/fr/questions-reponses/quest-ce-que-la-cogeneration/615/>.
- European Pellet Council (EPC), Bioenergy Europe. « World Pellet Map ». World Pellet Map, s. d. <https://epc.bioenergyeurope.org/about-pellets/pellets-statistics/world-pellet-map/>.
- Eurostat, the Statistical Office of the European Union. « Diagramme de flux d'énergie pour la Belgique en 2016 », 2016. <http://ec.europa.eu/eurostat/cache/sankey/sankey.html>.
- . « Electricity prices for domestic consumers - bi-annual data (until 2007) », 10 avril 2019. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database#>.
- . « Electricity prices for household consumers - bi-annual data (from 2007 onwards) », 10 avril 2019. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/database#>.
- . « Electricity prices for households in Belgium from 2010 to 2018, semi-annually (in euro cents per kilowatt-hour) ». Consulté le 27 mars 2019. <https://www.statista.com/statistics/418067/electricity-prices-for-households-in-belgium/>.
- . « Electricity prices for non-household consumers - bi-annual data (from 2007 onwards) ». Consulté le 9 juin 2019. <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu>.
- . « Energy statistics - electricity prices for domestic and industrial consumers, price components », 21 décembre 2018. http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg_pc_205&lang=en.
- Federation of belgian industrial energy consumers (Febeliec). « Prise de Position: Surcharges sur l'électricité: situation 2018 », s. d. http://www.febeliec.be/data/1524215872Surcharges%20electricite%20FR_20180306_FINAL.pdf.
- Fédération Pétrolière Belge (FPB). « Importation de pétrole brut par région d'origine en Belgique », s. d. <https://www.petrolfed.be/fr/lindustrie-p%C3%A9trole%C3%A8re/economie/le-commerce-ext%C3%A9rieur>.
- Forum Nucléaire, Engie-Electrabel. « Disponibilité des centrales nucléaires belges : les chiffres », s. d. <https://www.forumnucleaire.be/actus/nouvelle/disponibilite-des-centrales-nucleaires-belges-les-chiffres>.
- GE Power. « Combined Cycle Power Plant: How it works », s. d. <https://www.ge.com/power/resources/knowledge-base/combined-cycle-power-plant-how-it-works>.
- Helloenergie.com. « Onduleur Hybride 3kW - Intelligent - SUN2000L-3KTL - Huawei », s. d. <https://helloenergie.com/onduleur-hybride-3kw-intelligent-sun2000l-3ktl-huawei.html>.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). « Statistiques par pays - Belgique », s. d. <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=BE>.
- Lampiris. « Je souhaite vendre mes certificats verts à Lampiris. Comment procéder ? » Lampiris. Consulté le 9 mai 2019. <https://www.lampiris.be/fr/faq/vendre-son-energie-verte/je-souhaite-vendre-mes-certificats-verts-a-lampiris-comment-proceder>.
- Larousse. *Le Petit Larousse illustré [2019]*, 2018.
- Le Vif. « La mise à l'arrêt de centrales nucléaires fait grimper le prix de l'électricité », 19 octobre 2016. <https://www.levif.be/actualite/belgique/la-mise-a-l-arret-de-centrales-nucleaires-fait-grimper-le-prix-de-l-electricite/article-normal-563759.html>.
- Legifrance. Compensation des charges résultant des obligations de service public, Pub. L. No. 121-21, Code de l'énergie (s. d.).

- <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?idArticle=LEGIARTI000023985599&cidTexte=LEGITEXT000023983208&dateTexte=vig>.
- . Financement en capital des sociétés d’approvisionnement à long terme d’électricité, Code général des impôts, CGI. §. Consulté le 9 juin 2019. <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do?idSectionTA=LEGISCTA000006191647&cidTexte=LEGITEXT000006069577&dateTexte=vig>.
- . Taxes diverses perçues par la douane - Taxes intérieure, 266 quiquies C Code des douanes § (s. d.). <https://www.legifrance.gouv.fr/affichCodeArticle.do?idArticle=LEGIARTI000023216102&cidTexte=LEGITEXT000006071570&dateTexte=vig>.
- Lepage, Mathilde. « Que sont la cogénération et la micro-cogénération ? » Killmybill, s. d. <https://www.killmybill.be/fr/cogeneration/>.
- Marc Vanesse. « Les dirigeants d’Electrabel et de la SPE se dirigent vers un accord - les chefs électriciens enterrent la hache de guerre ». *Le Soir*, 6 juillet 1992. https://www.lesoir.be/art/%25252Fles-dirigeants-d-electrabel-et-de-la-spe-se-dirigent-ve_t-19920706-Z05JV5.html.
- Mon énergie. « Comparateur énergie | Comparez les prix des fournisseurs d’énergie en Belgique ». [monenergie.be](https://www.monenergie.be/comparateur-prix-energie-). Consulté le 13 mai 2019. <https://www.monenergie.be/comparateur-prix-energie->.
- Moniteur Belge. Arrêté du Gouvernement Wallon relatif à la promotion de l’électricité produite au moyen de sources d’énergie renouvelables ou de cogénération (2006). <https://wallex.wallonie.be/index.php?doc=8946#>.
- . Arrêté du Gouvernement wallon relatif à la redevance pour occupation du domaine public par le réseau électrique, Pub. L. No. 33889, 58605 (2002). <https://wallex.wallonie.be/index.php?doc=9062>.
- . Arrêté du Gouvernement wallon relatif à l’obligation de service public imposée aux gestionnaires de réseaux de distribution en termes d’entretien et d’amélioration de l’efficacité énergétique des installations d’éclairage public, Art. 1; Art 2 § (2008). <https://wallex.wallonie.be/PdfLoader.php?type=doc&linkpdf=12497-11972-6664>.
- . Arrêté royal modifiant les arrêtés royaux nos 4 et 20 relatifs à la taxe sur la valeur ajoutée, Pub. L. No. 2014003091, Art. 2 26734 (2014). [http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/loi_a1.pl?sql=\(text%20contains%20\(%27%27\)\)&language=fr&rech=1&tri=dd%20AS%20RANK&value=&table_name=loi&F=&cn=2014032115&caller=image_a1&fromtab=loi&la=F](http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/loi_a1.pl?sql=(text%20contains%20(%27%27))&language=fr&rech=1&tri=dd%20AS%20RANK&value=&table_name=loi&F=&cn=2014032115&caller=image_a1&fromtab=loi&la=F).
- . Décret de la Région Wallonne relatif à l’organisation du marché régional de l’électricité, Pub. L. No. 30527, Art. 34 14118 (2001).
- . Loi sur la sortie progressive de l’énergie nucléaire à des fins de production industrielle d’électricité (s. d.). http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=fr&la=F&cn=2003013138&table_name=loi.
- Ores. « Comprendre ma facture d’électricité ». Consulté le 9 avril 2019. <https://www.ores.be/particuliers-et-professionnels/facture#repartition>.
- Photovoltaïque.info. « Performance des modules photovoltaïques ». [photovoltaïque.info](https://www.photovoltaïque.info/fr/realiser-une-installation/choix-du-materiel/caracteristiques-des-panneaux-photovoltaïques/performance-des-modules-photovoltaïques/). Consulté le 17 avril 2019. <https://www.photovoltaïque.info/fr/realiser-une-installation/choix-du-materiel/caracteristiques-des-panneaux-photovoltaïques/performance-des-modules-photovoltaïques/>.
- PWC. « Le rôle du nucléaire et des renouvelables au sein de la transition énergétique ». Consulté le 30 mai 2019. <https://www.forumnucleaire.be/theme/energie/le-role-du-nucleaire-et-des-renouvelables-au-sein-de-la-transition-energetique>.
- Réactif par le Ministre Wallon du Logement, des transports, et du Développement territorial en charge de l’énergie. « Plan Solwatt, photovoltaïque et secteur tertiaire : économies durables en vue », n° 55 (juin 2008): 16.
- Région de Bruxelles-Capitale. « Ordonnance relative à l’organisation du marché de l’électricité en Région de Bruxelles-Capitale. », 19 juillet 2001. http://www.ejustice.just.fgov.be/cgi_loi/change_lg.pl?language=fr&la=F&cn=2001071901&table_name=loi.
- Renovermaison.be. « Prix installation panneaux solaires en Belgique pour 2019 ». Renover Maison. Consulté le 18 avril 2019. <https://www.renovermaison.be/renovation/energie-renouvelable/prix-panneaux-solaires-belgique>.

- Reuss, Paul. *Parlons nucléaire en 30 questions*. Paris: Documentation française, 2015. http://res.banq.qc.ca/login?url=http://www.numilog.com/bibliotheque/bnquebec/fiche_livre.asp?idprod=801285.
- RTBF. « Autopsie, épisode 6: le jour où le photovoltaïque wallon a dérapé », 13 août 2016. https://www.rtb.be/info/belgique/detail_autopsie-episode-6-le-jour-ou-le-photovoltaique-wallon-a-derape?id=9377534.
- . « Les premiers ménages approvisionnés par le plus grand parc éolien de Belgique », s. d. https://www.rtb.be/info/societe/detail_la-belgique-au-top-3-europeen-de-la-production-d-electricite-verte-offshore?id=10155182.
- Selectra. « Consommation moyenne d'électricité d'un logement au tout-électrique ». Selectra. Consulté le 28 mai 2019. <https://selectra.info/energie/guides/conso/consommation-moyenne-electricite/tout-electrique>.
- Sophie Delhay. « Le photovoltaïque en 2018 : ensoleillement et productivité records ». Renouvelle.be. Consulté le 13 mai 2019. <https://www.renouvelle.be/fr/statistiques/le-photovoltaique-en-2018-ensoleillement-et-productivite-records>.
- SPF Chancellerie du Premier Ministre. « La Belgian Offshore Platform remet son mémorandum 2019-2024 au Premier ministre », s. d. <https://www.premier.be/fr/la-belgique-au-top-de-l%E2%80%99C3%A9nergie-%C3%A9olienne>.
- SPF Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie. « Informations générales sur le cycle du combustible nucléaire belge, Volume 1 », s. d. <http://economie.fgov.be/>.
- . « Tarif social pour l'électricité et/ou le gaz naturel », 30 novembre 2018. <https://economie.fgov.be/fr/themes/energie/prix-de-lenergie/tarif-social/tarif-social-pour-lelectricite>.
- SPF Finances. « Fiscalité verte - Prêts verts », s. d. https://finances.belgium.be/fr/particuliers/avantages_fiscaux/fiscalite_verte/prets_verts.
- SPF Santé publique, sécurité de la chaîne alimentaire et environnement. « Plan d'aménagement des espaces marins – Annexes – Cartes », s. d. https://www.health.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/19086909/Annexe%204%20Cartes.pdf.
- SPW Energie. « Installation d'une pompe à chaleur (PAC) pour le chauffage ou combinée : chauffage et eau chaude sanitaire (à partir du 1er janvier 2019) ». SPW Energie. Consulté le 28 mai 2019. <https://energie.wallonie.be/fr/installation-d-une-pompe-a-chaaleur-pac-pour-le-chauffage-ou-combinee-chauffage-et-eau-chaude-sanitaire-a-partir-du-1er-j.html>.
- Test-Achats. « Électricité : vous la payez trop cher ! » *Test-Achats magazine*, n° 422 (juin 1999): 5.
- Vlaamse overheid. « Berekening van het prosummententarium ». vlaanderen.be, s. d. <https://www.vlaanderen.be/prosumententarium-voor-eigenaars-van-zonnepanelen-windmolens-en-wkk-installaties-kleine-installaties-met-terugdraaiende-teller/berekening-van-het-prosumententarium>.
- Vlaamse Overheid. « Premie van de netbeheerder voor een warmtepomp ». Vlaanderen.be. Consulté le 28 mai 2019. <https://www.vlaanderen.be/premie-van-de-netbeheerder-voor-een-warmtepomp>.
- Vreg - Vlaamse Reguleringsinstantie voor de Elektriciteits- en Gasmarkt. « Prosummententarium ». vreg.be, s. d. <https://www.vreg.be/nl/prosumententarium-sector>.
- Welsch, Heinz, et Carsten Ochsen. « Dismantling of nuclear power in Germany: sectoral and macroeconomic effects ». *Energy Policy* 29, n° 4 (1 mars 2001): 279-89. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(00\)00125-7](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00125-7).
- Wikilivre. « La politique monétaire/Les anticipations d'inflation ». Wikibooks, s. d. https://fr.wikibooks.org/w/index.php?title=La_politique_mon%C3%A9taire/Les_anticipations_d%27inflation&oldid=614200.
-

12. Annexes

1. Calcul de la rentabilité de panneaux photovoltaïques à Bruxelles (Autoconsommation de 37,76%)
2. Calcul de la rentabilité de panneaux photovoltaïques en Wallonie (Autoconsommation de 37,76%)
3. Calcul de la rentabilité de panneaux photovoltaïques en Flandre (Autoconsommation de 37,76%)
4. Calcul de la rentabilité d'une pompe à chaleur dans les différentes régions

12.1. Annexe 1 : Calcul de la rentabilité de panneaux photovoltaïques à Bruxelles (Autoconsommation de 37,76%)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
FINANCEMENT																										
Remboursement emprunt bancaire	1605	1541	1477	1412	1348																					
PRODUCTION																										
Electricité produite (Kwh)	4500	4478	4455	4433	4410	4388	4365	4343	4320	4298	4275	4253	4230	4208	4185	4163	4140	4118	4095	4073	4050	4028	4005	3983	3960	
Electricité consommé au total (Kwh)	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	
Electricité autoconsommé (Kwh)	1699	1691	1682	1674	1665	1657	1648	1640	1631	1623	1614	1606	1597	1589	1580	1572	1563	1555	1546	1538	1529	1521	1512	1504	1495	
Electricité réinjectée sur le réseau (Kwh)	2801	2787	2773	2759	2745	2731	2717	2703	2689	2675	2661	2647	2633	2619	2605	2591	2577	2563	2549	2535	2521	2507	2493	2479	2465	
Electricité prélevée sur le réseau (Kwh)	2801	2809	2818	2826	2835	2843	2852	2860	2869	2877	2886	2894	2903	2911	2920	2928	2937	2945	2954	2962	2971	2979	2988	2996	3005	
PRELEVEMENT																										
Prix électricité prélevée moyen (taux d'indexation de 3%) (€)	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25	0,25	0,26	0,26	0,26	0,26	0,27	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28	0,29	0,29	0,29	0,29	0,30	0,30	0,30	
Facture moyenne électricité (€)	670	678	687	696	705	715	724	733	743	752	762	772	782	792	802	813	823	834	845	856	867	878	889	901	912	
CERTIFICATS VERTS																										
Droit à certificats verts (10ans)	14	13	13	13	13	13	13	13	13	13																
Prix ventes CV (€)	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65																
Total ventes CV (€)	878	873	869	864	860	856	851	847	842	838																
INJECTION																										
Prix de vente pour l'électricité injecté (27% du prix moyen) (€)	0,06	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Prix total pour l'électricité injectée (€)	181	182	183	184	184	185	186	187	188	189	190	191	192	192	193	194	195	196	197	198	199	199	200	201	202	
RESUME																										
Emprunt (€)	1605	1541	1477	1412	1348	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Facture d'électricité pour l'électricité prélevée (€)	670	678	687	696	705	715	724	733	743	752	762	772	782	792	802	813	823	834	845	856	867	878	889	901	912	
Droit à CV	878	873	869	864	860	856	851	847	842	838	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Chiffre d'affaire pour l'électricité produite et vendue (€)	181	182	183	184	184	185	186	187	188	189	190	191	192	192	193	194	195	196	197	198	199	199	200	201	202	
Total (€)	1216	1164	1113	1061	1009	-326	-314	-301	-288	-274	572	581	591	600	609	619	628	638	648	658	668	678	689	699	710	
Cumulé avec photovoltaïque (€)	1216	2381	3493	4554	5563	5237	4924	4623	4335	4061	4633	5215	5805	6405	7014	7633	8262	8900	9548	10206	10874	11552	12241	12941	13651	
SANS PHOTOVOLTAÏQUE																										
Prix / Kwh (€)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Facture (€)	1076	1087	1098	1109	1120	1131	1142	1154	1165	1177	1189	1200	1212	1225	1237	1249	1262	1274	1287	1300	1313	1326	1339	1353	1366	
Cumulé sans photovoltaïque (€)	1076	2163	3260	4369	5489	6620	7762	8915	10081	11257	12446	13646	14859	16083	17320	18569	19831	21105	22393	23692	25005	26331	27671	29023	30390	
Synthèse																										
Cout sans photovoltaïque (€)	1076	2163	3260	4369	5489	6620	7762	8915	10081	11257	12446	13646	14859	16083	17320	18569	19831	21105	22393	23692	25005	26331	27671	29023	30390	
Cout avec photovoltaïque (€)	1216	2381	3493	4554	5563	5237	4924	4623	4335	4061	4633	5215	5805	6405	7014	7633	8262	8900	9548	10206	10874	11552	12241	12941	13651	

12.2. Annexe 2 : Calcul de la rentabilité de panneaux photovoltaïques en Wallonie (Autoconsommation de 37,76%)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
FINANCEMENT																					
Remboursement emprunt bancaire	1605	1541	1477	1412	1348																
PRODUCTION																					
Electricité produite (Kwh)	4500	4478	4455	4433	4410	4388	4365	4343	4320	4230	4208	4185	4163	4140	4118	4095	4073	4050	4028	4005	3983
Electricité consommé au total (Kwh)	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500	4500
Electricité autoconsommé (Kwh)	1699	1691	1682	1674	1665	1657	1648	1640	1631	1597	1589	1580	1572	1563	1555	1546	1538	1529	1521	1512	1504
Electricité produite injectée sur le réseau (Kwh)	2801	2787	2773	2759	2745	2731	2717	2703	2689	2633	2619	2605	2591	2577	2563	2549	2535	2521	2507	2493	2479
Electricité produite reprélevée ou perdue (kWh)	2801	2787	2773	2759	2745	2731	2717	2703	2689	2633	2619	2605	2591	2577	2563	2549	2535	2521	2507	2493	2479
Electricité prélevé non-produite (kWh)	0	23	45	68	90	113	135	158	180	270	293	315	338	360	383	405	428	450	473	495	518
REDEVANCE RESEAU																					
Base capacitaire																					
Si le prosumer ne dispose pas d'un compteur double flux :																					
Tarif Prosumer (€)	437	441	443	441	441	441	441	441	441	441	441	441	441	441	441	441	441	441	441	441	441
Base proportionnelle																					
Si le prosumer dispose d'un compteur double flux (€)																					
Tarif de prélevement de distribution (€)	0,09	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Tarif de refacturation des cout de transports (€)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Redevance réseau (€)	387	436	437	438	437	436	435	434	433	430	429	428	427	426	425	424	423	422	421	420	419
ELECTRICITE NON_PRODUITE MAISPRELEVE																					
Tarif électricité / kWh (€)	0,30	0,30	0,31	0,31	0,31	0,32	0,32	0,32	0,33	0,34	0,34	0,35	0,35	0,35	0,36	0,36	0,36	0,37	0,37	0,37	0,38
Cout électricité (€)	0	7	14	21	28	36	43	51	59	91	100	109	118	127	136	146	155	165	175	185	195
Total																					
Emprunt (€)	1605	1541	1477	1412	1348	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Facture d'électricité pour l'électricité prélevée (€)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Droit à CV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tarif prosumer capacitaire (€)	437	441	443	441	441	441	441	441	441	441	441	441	441	441	441	441	441	441	441	441	441
Tarif prosumer proportionnelle (€)	387	436	437	438	437	436	435	434	433	430	429	428	427	426	425	424	423	422	421	420	419
Cout pour l'électricité excédentaire prélevé non-produite	0	7	14	21	28	36	43	51	59	91	100	109	118	127	136	146	155	165	175	185	195
Si le prosumer choisi la tarification capacitaire (€)	2042	1988	1933	1874	1817	1758	1700	1642	1584	1525	1467	1408	1350	1291	1232	1174	1115	1056	997	938	879
Cumulé avec photovoltaïque base capacitaire (€)	2042	4030	5963	7838	9655	10132	10616	11108	11607	13687	14228	14778	15337	15905	16482	17068	17664	18270	18886	19513	20149
Si le prosumer choisi la tarification proportionnelle (€)	1992	1984	1927	1871	1813	1755	1697	1639	1581	1522	1464	1405	1347	1288	1229	1171	1112	1054	995	936	877
Cumulé avec photovoltaïque base proportionnelle (€)	1992	3975	5903	7774	9588	10059	10538	11023	11515	13555	14084	14620	15165	15718	16279	16849	17427	18014	18610	19216	19831
SANS PHOTOVOLTAÏQUE																					
Prix / Kwh (€)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Facture (€)	1352	1366	1379	1393	1407	1421	1435	1450	1464	1523	1539	1554	1570	1585	1601	1617	1633	1650	1666	1683	1700
Cumulé sans photovoltaïque (€)	1352	2718	4097	5490	6897	8318	9753	11202	12666	18670	20209	21763	23333	24918	26519	28136	29770	31419	33086	34768	36468
Résumé																					
Cumulé avec photovoltaïque base capacitaire (€)	2042	4030	5963	7838	9655	10132	10616	11108	11607	13687	14228	14778	15337	15905	16482	17068	17664	18270	18886	19513	20149
Cumulé avec photovoltaïque base proportionnelle (€)	1992	3975	5903	7774	9588	10059	10538	11023	11515	13555	14084	14620	15165	15718	16279	16849	17427	18014	18610	19216	19831
Cumulé sans photovoltaïque (€)	1352	2718	4097	5490	6897	8318	9753	11202	12666	18670	20209	21763	23333	24918	26519	28136	29770	31419	33086	34768	36468

12.3. Annexe 3 : Calcul de la rentabilité de panneaux photovoltaïques en Flandre (Autoconsommation de 37,76%)

	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	19,0	20,0	21,0	22,0	23,0	24,0	25,0
FINANCEMENT																									
Remboursement emprunt bancaire (€)	1605,0	1540,8	1476,6	1412,4	1348,2																				
PRODUCTION																									
Electricité produite (Kwh)	4500,0	4477,5	4455,0	4432,5	4410,0	4387,5	4365,0	4342,5	4320,0	4297,5	4275,0	4252,5	4230,0	4207,5	4185,0	4162,5	4140,0	4117,5	4095,0	4072,5	4050,0	4027,5	4005,0	3982,5	3960,0
Electricité consommé au total (Kwh)	4500,0	4500,0	4500,0	4500,0	4500,0	4500,0	4500,0	4500,0	4500,0	4500,0	4500,0	4500,0	4500,0	4500,0	4500,0	4500,0	4500,0	4500,0	4500,0	4500,0	4500,0	4500,0	4500,0	4500,0	4500,0
Electricité autoconsommé (Kwh)	1699,2	1690,7	1682,2	1673,7	1665,2	1656,7	1648,2	1639,7	1631,2	1622,7	1614,2	1605,7	1597,2	1588,8	1580,3	1571,8	1563,3	1554,8	1546,3	1537,8	1529,3	1520,8	1512,3	1503,8	1495,3
Electricité produite injectée sur le réseau (Kwh)	2800,8	2786,8	2772,8	2758,8	2744,8	2730,8	2716,8	2702,8	2688,8	2674,8	2660,8	2646,8	2632,8	2618,7	2604,7	2590,7	2576,7	2562,7	2548,7	2534,7	2520,7	2506,7	2492,7	2478,7	2464,7
Electricité produite réprélèvée ou perdue	2800,8	2786,8	2772,8	2758,8	2744,8	2730,8	2716,8	2702,8	2688,8	2674,8	2660,8	2646,8	2632,8	2618,7	2604,7	2590,7	2576,7	2562,7	2548,7	2534,7	2520,7	2506,7	2492,7	2478,7	2464,7
Electricité prélevé non-produite	0,0	22,5	45,0	67,5	90,0	112,5	135,0	157,5	180,0	202,5	225,0	247,5	270,0	292,5	315,0	337,5	360,0	382,5	405,0	427,5	450,0	472,5	495,0	517,5	540,0
REDEVANCE RESEAU																									
Base capacitaire - Compensation																				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Si le prosumer ne dispose pas d'un compteur double flux (max 15 ans)																				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tarif Prosumer	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2
Base proportionnelle																									
Si le prosumer dispose d'un compteur double flux																									
Tarif de prélèvement de distribution (€)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Tarif de refacturation des cout de transports (€)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Frais prélèvement	385,0	387,0	388,9	390,8	392,7	394,6	396,5	398,4	400,3	402,2	404,1	406,0	407,8	409,7	411,6	413,5	415,4	417,3	419,1	421,0	422,8	424,7	426,6	428,4	430,2
ELECTRICITENON_PRODUTEMAISPRELEVE																									
Tarif électricité / kWh (€)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Cout électricité (€)	0,0	6,8	13,8	20,9	28,1	35,5	43,1	50,7	58,6	66,5	74,7	83,0	91,4	100,0	108,8	117,7	126,8	136,1	145,5	155,2	165,0	175,0	185,1	195,5	206,0
Total																									
Emprunt (€)	1605,0	1540,8	1476,6	1412,4	1348,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Facture d'électricité pour l'électricité prélevée (€)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Droit à CV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Tarif prosumer capacitaire (€)	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2	493,2
Tarif prosumer proportionnelle (€)	385,0	387,0	388,9	390,8	392,7	394,6	396,5	398,4	400,3	402,2	404,1	406,0	407,8	409,7	411,6	413,5	415,4	417,3	419,1	421,0	422,8	424,7	426,6	428,4	430,2
Cout électricité (€)	0,00	6,83	13,79	20,89	28,14	35,52	43,06	50,73	58,56	66,54	74,67	82,96	91,41	100,02	108,79	117,72	126,83	136,10	145,55	155,17	164,97	174,95	185,11	195,46	206,00
Si le prosumer installe ses panneaux en 2020, droit a capacitaire durant 15 ans (€)	2098,2	2040,8	1983,5	1926,4	1869,5	528,7	536,2	543,9	551,7	559,7	567,8	576,1	584,6	593,2	601,9	610,9	619,4	628,2	637,1	646,1	655,2	664,3	673,4	682,5	691,6
Cumulé avec photovoltaïque sur base capacitaire durant 15 ans puis base proportionnelle (€)	2098,2	4138,9	6122,5	8048,9	9918,4	10447,1	10983,3	11527,2	12078,9	12638,6	13206,4	13782,5	14367,1	14960,2	15562,2	16093,4	16635,6	17188,9	17753,6	18329,8	18917,6	19517,2	20128,9	20752,8	21389,0
SANS PHOTOVOLTAÏQUE																									
Prix / Kwh (€)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Facture (€)	1352,0	1365,5	1379,2	1393,0	1406,9	1421,0	1435,2	1449,5	1464,0	1478,7	1493,4	1508,4	1523,5	1538,7	1554,1	1569,6	1585,3	1601,2	1617,2	1633,4	1649,7	1666,2	1682,9	1699,7	1716,7
Cumulé sans photovoltaïque (€)	1352,0	2717,5	4096,7	5489,7	6896,6	8317,5	9752,7	11202,2	12666,2	14144,9	15638,4	17146,7	18670,2	20208,9	21763,0	23332,6	24918,0	26519,1	28136,3	29769,7	31419,4	33085,6	34768,4	36468,1	38184,8
Résumé																									
Cumulé avec photovoltaïque sur base capacitaire durant 15 ans puis base proportionnelle (€)	2098,2	4138,9	6122,5	8048,9	9918,4	10447,1	10983,3	11527,2	12078,9	12638,6	13206,4	13782,5	14367,1	14960,2	15562,2	16093,4	16635,6	17188,9	17753,6	18329,8	18917,6	19517,2	20128,9	20752,8	21389,0
Cumulé sans photovoltaïque (€)	1352,0	2717,5	4096,7	5489,7	6896,6	8317,5	9752,7	11202,2	12666,2	14144,9	15638,4	17146,7	18670,2	20208,9	21763,0	23332,6	24918,0	26519,1	28136,3	29769,7	31419,4	33085,6	34768,4	36468,1	38184,8
Si le prosumer choisit propo dès le début	1990,0	1934,6	1879,2	1824,1	1769,0	430,1	439,5	449,1	458,8	468,7	478,7	488,9	499,3	509,7	520,4	531,2	542,2	553,4	564,7	576,2	587,8	599,7	611,7	623,9	636,2
Cumul si tarification proportionnelle dès le début (€)	1990,0	3924,6	5803,9	7627,9	9396,9	9827,0	10266,6	10715,7	11174,5	11643,2	12121,9	12610,9	13110,1	13619,9	14140,3	14671,5	15213,7	15767,0	16331,7	16907,9	17495,7	18095,3	18707,0	19330,9	19967,1

12.4. Annexe 4 : Calcul de la rentabilité d'une pompe à chaleur dans les différentes régions

Wallonie

Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Acquisition PAC (€)	10.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Primes (€)	1.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Besoin en unité thermique (kWh)	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800
Besoin en énergie électrique avec la PAC (kWh)	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143
Prix électricité par kWh (€)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Cout de l'électricité pour fctmt PAC (€)	944	954	963	973	983	992	1.002	1.012	1.022	1.033	1.043	1.053	1.064	1.075	1.085	1.096	1.107	1.118	1.129	1.141	1.152	1.164	1.175	1.187	1.199
Cout avec une pompe à chaleur (€)	9.944	954	963	973	983	992	1.002	1.012	1.022	1.033	1.043	1.053	1.064	1.075	1.085	1.096	1.107	1.118	1.129	1.141	1.152	1.164	1.175	1.187	1.199
Cout sans pompe à chaleur (€)	2.644	2.670	2.697	2.724	2.751	2.779	2.807	2.835	2.863	2.892	2.921	2.950	2.979	3.009	3.039	3.069	3.100	3.131	3.163	3.194	3.226	3.258	3.291	3.324	3.357
Cout cumulé avec une PAC (€)	9.944	10.898	11.861	12.834	13.817	14.809	15.811	16.824	17.846	18.879	19.922	20.976	22.040	23.114	24.200	25.296	26.403	27.521	28.651	29.792	30.944	32.107	33.283	34.470	35.669
Cout cumulé sans PAC (€)	2.644	5.314	8.011	10.735	13.487	16.265	19.072	21.907	24.770	27.661	30.582	33.531	36.511	39.520	42.559	45.628	48.728	51.860	55.022	58.216	61.442	64.701	67.992	71.315	74.673

Bruxelles

Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Acquisition PAC (€)	10.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Primes (€)	4.750	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Besoin en unité thermique (kWh)	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800
Besoin en énergie électrique avec la PAC (kWh)	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143
Prix électricité par kWh (€)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Cout de l'électricité pour fctmt PAC (€)	751	759	767	774	782	790	798	806	814	822	830	838	847	855	864	872	881	890	899	908	917	926	935	945	954
Cout avec une pompe à chaleur (€)	6.501	759	767	774	782	790	798	806	814	822	830	838	847	855	864	872	881	890	899	908	917	926	935	945	954
Cout sans pompe à chaleur (€)	2.104	2.125	2.146	2.168	2.190	2.212	2.234	2.256	2.279	2.301	2.324	2.348	2.371	2.395	2.419	2.443	2.467	2.492	2.517	2.542	2.567	2.593	2.619	2.645	2.672
Cout cumulé avec une PAC (€)	6.501	7.260	8.027	8.801	9.583	10.373	11.171	11.977	12.790	13.612	14.442	15.281	16.128	16.983	17.847	18.719	19.600	20.490	21.389	22.297	23.214	24.140	25.076	26.020	26.975
Cout cumulé sans PAC (€)	2.104	4.229	6.376	8.544	10.733	12.945	15.179	17.435	19.713	22.014	24.339	26.686	29.057	31.452	33.871	36.314	38.781	41.273	43.790	46.332	48.899	51.493	54.112	56.757	59.429

Flandre

Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Acquisition PAC (€)	10.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Primes (€)	1.500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Besoin en unité thermique (kWh)	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800	8.800
Besoin en énergie électrique avec la PAC (kWh)	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143	3.143
Prix électricité par kWh (€)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4
Cout de l'électricité pour fctmt PAC (€)	882	891	900	909	918	927	936	945	955	964	974	984	994	1.004	1.014	1.024	1.034	1.044	1.055	1.065	1.076	1.087	1.098	1.109	1.120
Cout avec une pompe à chaleur (€)	9.882	891	900	909	918	927	936	945	955	964	974	984	994	1.004	1.014	1.024	1.034	1.044	1.055	1.065	1.076	1.087	1.098	1.109	1.120
Cout sans pompe à chaleur (€)	2.469	2.494	2.519	2.544	2.569	2.595	2.621	2.647	2.674	2.700	2.727	2.755	2.782	2.810	2.838	2.866	2.895	2.924	2.953	2.983	3.013	3.043	3.073	3.104	3.135
Cout cumulé avec une PAC (€)	9.882	10.772	11.672	12.580	13.498	14.425	15.361	16.306	17.261	18.225	19.200	20.183	21.177	22.180	23.194	24.218	25.252	26.296	27.351	28.416	29.492	30.579	31.676	32.785	33.905
Cout cumulé sans PAC (€)	2.469	4.963	7.481	10.025	12.594	15.189	17.810	20.457	23.131	25.831	28.559	31.313	34.095	36.905	39.743	42.610	45.505	48.429	51.382	54.365	57.378	60.421	63.494	66.598	69.733